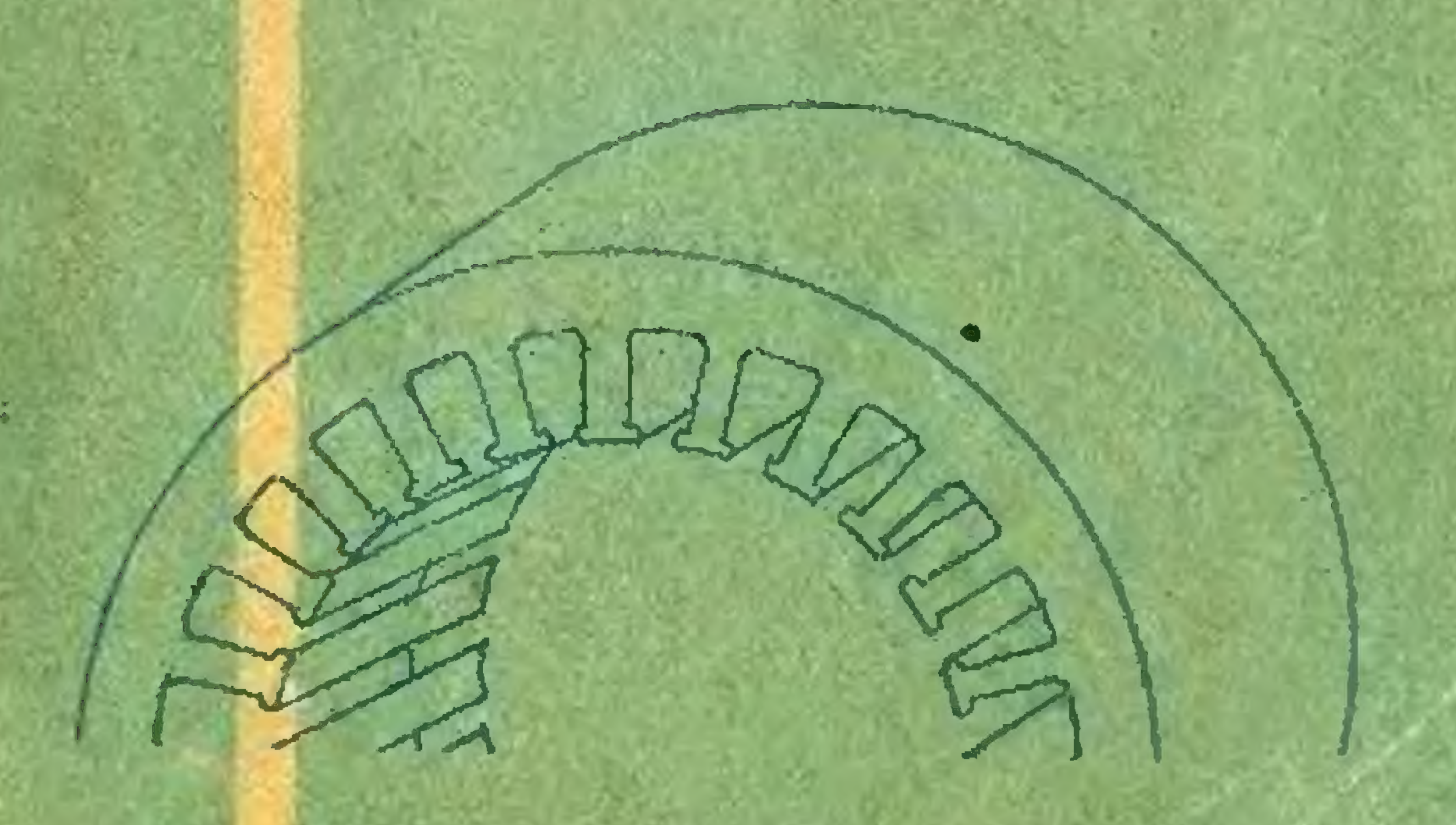
Ф.С. ДЕВОТЧЕНКО

ПЕРЕДЕЛКА ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ОДНОФАЗНЫЕ С ЗАМЕНОЙ ОБМОТКИ

справочное пособие

ЧАСТЬ 3



Ф. С. ДЕВОТЧЕНКО

ПЕРЕДЕЛКА ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ОДНОФАЗНЫЕ С ЗАМЕНОЙ ОБМОТКИ

Справочное пособие

ЧАСТЬ 3

Издательство
«Советская Кубань»
1991

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие

Однофазные электродвигатели применяют в местах, где отсутствуют или не предусмотрены трехфазные электрические сети. Обычно — в быту и особенно на приусадебных участках (дачах), а также в лабораториях, мелких мастерских, на полевых станах и т. п. Нашей промышленностью выпускаются однофазные электродвигатели мощностью до 1 кВт, тогда как есть потребность в более мощных. Приобрести же их зачастую невозможно из-за большого спроса.

Дефицит однофазных электродвигателей можно компенсировать за счет переделки из трехфазных, у которых обмотка пришла в негодность. Таких электродвигателей в хозяйствах страны имеется в достаточном количестве.

В данном пособии приводится простой и достаточно надежный метод пересчета обмотки с трехфазных на однофазные, составлены схемы однослойных и двухслойных обмоток. Помещены готовые обмоточные данные пересчитанные на однофазные с трехфазных элекродвигателей серии А, АО, АО2 и 4А, имеются данные заводских электродвигателей типа АОЛБ, АОЛГ, АОЛД, АЕВ

Пособие предназначено для практиков-обмотчиков и электриков.

1. ПРИНЦИП РАБОТЫ ОДНОФАЗНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

В однофазном электродвигателе статор имеет одну основную обмотку. Подключив обмотку к однофазной электросети, по ней потечет электрический ток, который создает переменное магнитное поле. Так как магнитное поле меняет направление, то оно получается пульсирующим, равносильно наличию двух магнитных полей с половинными амплитудами: одно прямое, другое обратное. Они равны по величине, но вращаются в противоположные стороны.

Пульсирующее магнитное поле статора, пересекая обмотку ротора, наводит в ней электродвижущую силу (ЭДС), но так как обмотка замкнута, то по ней потечет ток, создавая самостоятельный магнитный поток.

По закону Ленца направление индуцированной ЭДС таково, что вызванный ею ток и магнитный поток стремятся препятствовать причине, создающей эту индуцированную ЭДС. Значит, магнитный поток, возникающий в обмотке неподвижного ротора, будет направлен в противоположную сторону магнитному потоку статора.

В результате взаимодействия пульсирующего поля статора, возникающие электромагнитные силы будут равны между собой и направлены в противоположные стороны, поэтому ротор во вращение прийти не может.

Если на статоре расположить вместо одной обмотки две, сдвинутые на 90 электрических градусов, то от возникающих в них магнитных потоков особых изменений не произойдет.

Из двух потоков создается результирующий магнитный поток, и разница будет только в величине и отклонении его направления оси, при этом ротор тоже не будет иметь начального вращающегося момента.

Если раскрутить ротор посторонней силой в любую сторону, то он станет вращаться самостоятельно, достигнет полных оборотов и будет нести нагрузку. Подобным образом ведет себя трехфазный электродвигатель с нагрузкой 50 процентов при обрыве во время работы одной из фаз.

Вращение ротора в ту или другую сторону связано с наличием в статоре пульсирующего поля, условно состоящего из прямого и обратного полей, которые (при раскрутке ро-

тора) меняют свое название, форму и величину. При вращающемся роторе обмотка его пересекается магнитными силовыми линиями от обратного поля статора с частотой вращения, которая складывается из синхронной частоты вращения обратного поля статора и частоты вращения ротора (почти двойная частота вращения), в результате чего в обмотке ротора наводится двойная частота тока, равная порядка 97—98 герц, при этом возрастает индуктивное сопротивление и преобладающим будет реактивный ток, ослабяющий обратное магнитное поле. Поэтому тормозящий момент становится незначительным.

Частота же пересечения обмотки ротора магнитными силовыми линиями от прямого поля статора будет незначительная, равная скольжению ротора, порядка 5 процентов от синхронной частоты вращения прямого поля статора (разность между синхронной частотой вращения прямого поля статора и частотой вращения ротора) и составит 2-3 герца.

При такой малой частоте индуктивное сопротивление будет незначительным и преобладающим станет активное сопротивление, поэтому в обмотке ротора протекает активный ток, создающий положительное результирующее поле. Прямое поле (при уменьшенном обратном поле) становится вместо пульсирующего вращающимся магнитным полем, близким к круговому. В результате взаимодействия вращающегося магнитного поля статора и проводниками с током ротора возникает момент вращения ротора.

Чтобы иметь начальный момент вращения (пусковой) в однофазном электродвигателе, как и при вращающемся роторе, надо при пуске создать в статоре вместо пульсирующего поля круговое или хотя бы эллептическое. Для этого надо не только расположить на статоре две обмотки, сдвинутые в пространстве на 90 электрических градусов, но и добиться в них сдвига токов на угол, близкий к 90 градусам и равенства магнитных потоков. В этом случае две обмотки должны создавать две синусоиды, сдвинутые на 90 градусов, тогда электродвигатель при пуске будет работать как двухфазный.

Сдвиг токов на угол до 90 градусов (1/4 периода) в обмотках достигается включением во время пуска в пусковую обмотку последовательно активного или индуктивного сопротивления. При включении в обмотку фазосмещающих элементов, специально изготовленных для этой цели, искусственно создается питание двух обмоток статора двух-

фазным переменным током. Но сдвиг между токами в обмотках в зависимости от фазосмещающих элементов и величины нагрузки электродвигателя может и не достигнуть требуемой величины, к тому же эти элементы очень громоздки и создают дополнительные затраты. Кроме того, при запуске электродвигателя с повышенным сопротивлением возникает большая кратность пускового тока при небольшой кратности пускового момента.

Чтобы получить в однофазном электродвигателе наибольший магнитный поток и лучшую его форму кривой, принимают выгодный и экономический вариант, при котором изготовляют рабочую обмотку (основную), занимающую 2/3 числа пазов, и пусковую (вспомогательную) занимающую 1/3 числа пазов статора.

Для создания в обмотках разного сопротивления пусковую обмотку лучше выполнять проводом, сечение которого в два раза меньше, чем в рабочей обмотке, что способствует в ней сдвигу (отставанию) тока на определенный угол от тока рабочей обмотки.

Пусковая обмотка с высокой плотностью тока предназначена только для пуска, который обычно продолжается 2-3 секунды.

При перемотке трехфазного электродвигателя на однофазный, мощность его составляет 50—60 процентов от мощности трехфазного электродвигателя. Снижение мощности однофазного электродвигателя происходит из-за наличия в роторе двух магнитных полей с разной частотой, что приводит к потерям в железе и меди (обмотке) статора в два раза большим, чем в трехфазном электродвигателе. Большие потери в роторе способствуют возрастанию скольжения, а это вызывает увеличение тормозящего момента, поэтому однофазные электродвигатели работают менее устойчиво, с малыми коэффициентами мощности и полезного действия. Даже при наличии двух обмоток с разным активным сопротивлением, занимающих наивыгоднейшее соотношение пазов в статоре, добиться полного уменьшения обратного магнитного поля, а значит и смещения между токами в рабочей и пусковой обмотках до 90 градусов невозможно, поэтому вращающее магнитное поле будет иметь только эллиптическую фому, значит запуск будет затруднен.

Для улучшения запуска принимаются различные методы, о которых указано ниже в разделе запуск и работа однофазных электродвигателей.

2. ПЕРЕДЕЛКА ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ОДНОФАЗНЫЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ ОБМОТОК

2. 1. Обмотки, занимающие число пазов: для рабочей 2/3 и для пусковой 1/3

В однофазном электродвигателе число пазов на полюс и фазу (число секций в катушечной группе) зависит от числа пазов (зубцов), занимаемых в статоре пусковой и рабочей обмотками.

Пусковая обмотка занимает 1/3 числа пазов статора значит, фазная зона будет равна 60 электрическим градусам, поэтому число пазов на полюс и фазу (q) в пусковой обмотке совпадает с трехфазным электродвигателем и равно третьей части пазов статора, поделенных на число полюсов (2p):

$$q_п = \frac{Z}{2p}\,\frac{1}{3} = \frac{Z}{6p} \qquad (1)$$

Рабочая обмотка занимает 2/3 число пазов статора, значит фазная зона будет составлять 120 электрических градусов, при этом число пазов на полюс и фазу равно две третьей числа паов статора, поделенных на число полюсов:

$$q_р = \frac{Z}{2p}\,\frac{2}{3} = \frac{Z}{3p} \qquad (1а)$$

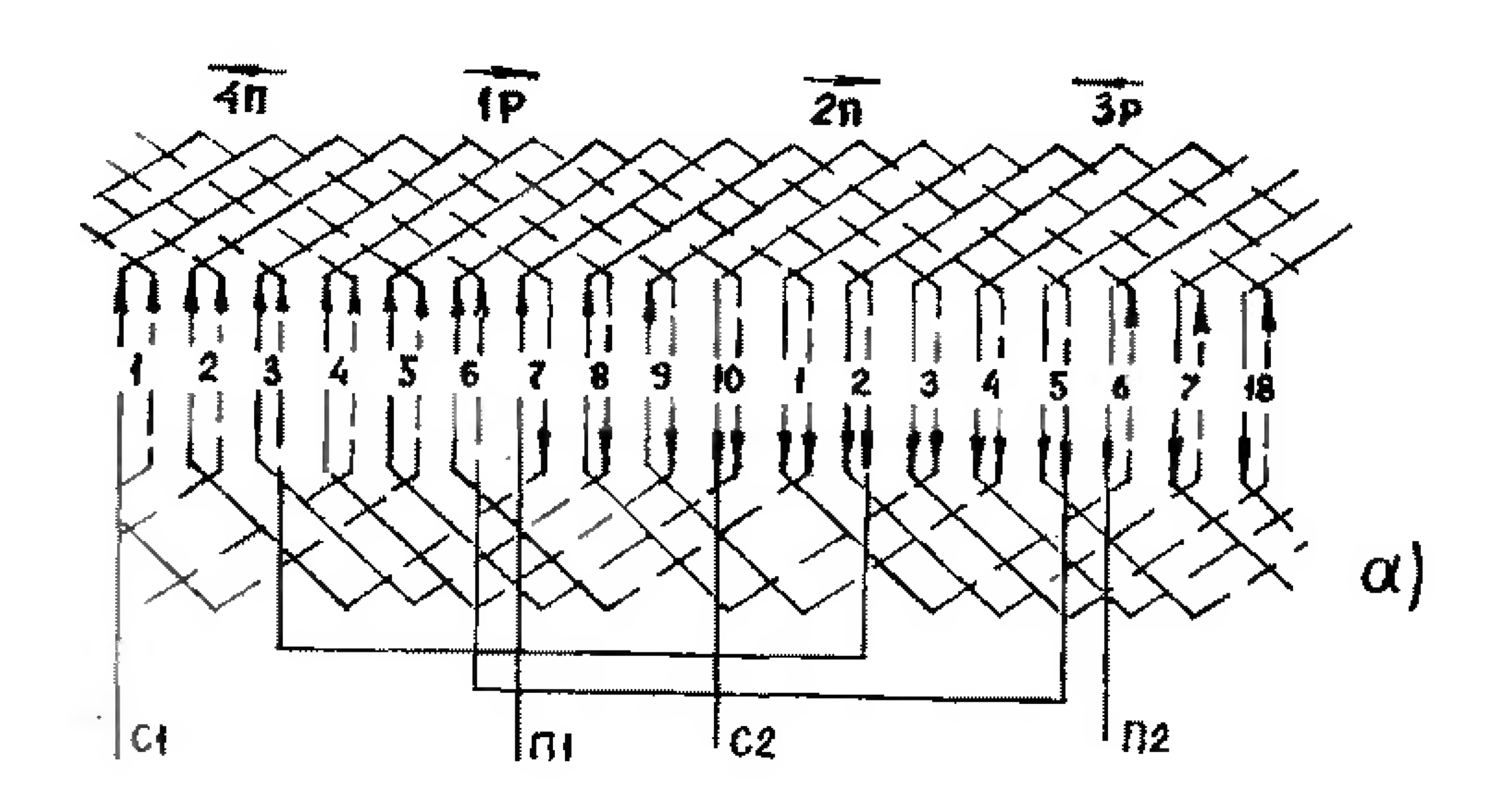
Из формул видно, что число секций в катушечной группе рабочей обмотки при таком соотношении пазов, всегда в два раза больше, чем в катушечной группе пусковой обмотки. В однофазных электродвигателях применяются однослойная и двухслойная обмотки. Двухслойная обмотка выполняется только с полным числом пазов на полюс и

фазу (с полным числом секций в катушечных группах).

В двухслойной обмотке количество катушечных групп в рабочей (КГр) и пусковой (КГп) обмотках одинаково и равно числу полюсов — КГр = КГп = 2р.

Для улучшения запуска и более устойчивой работы электродвигателя двухслойная обмотка выполняется с одинаковым укороченным шагом для обеих обмоток 2/3 полюсного деления (соответствует числу пазов на полюс и фазу рабочей обмотки).

$$У_р = У_п = \frac{Z}{2p} \cdot \frac{2}{3} = \frac{Z}{3p} \qquad (2)$$



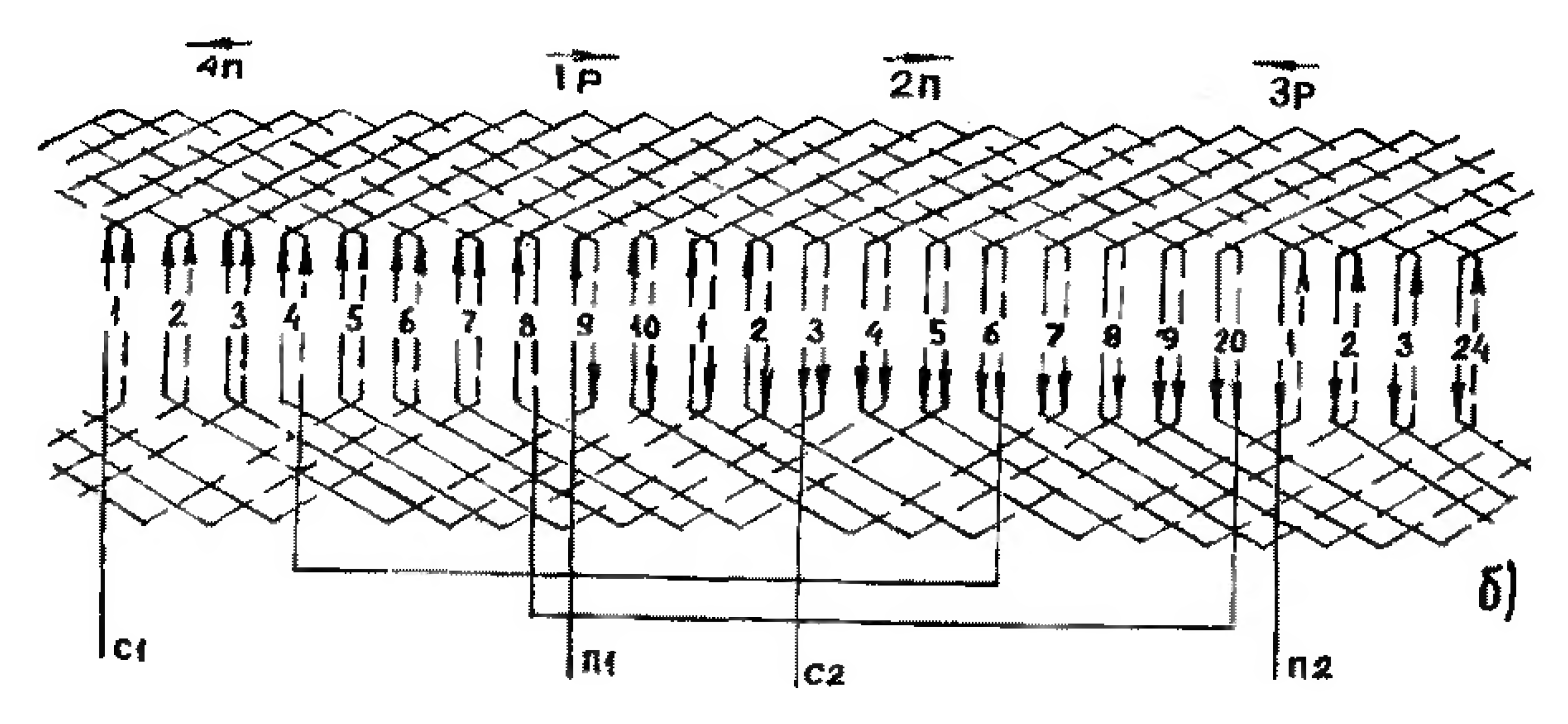
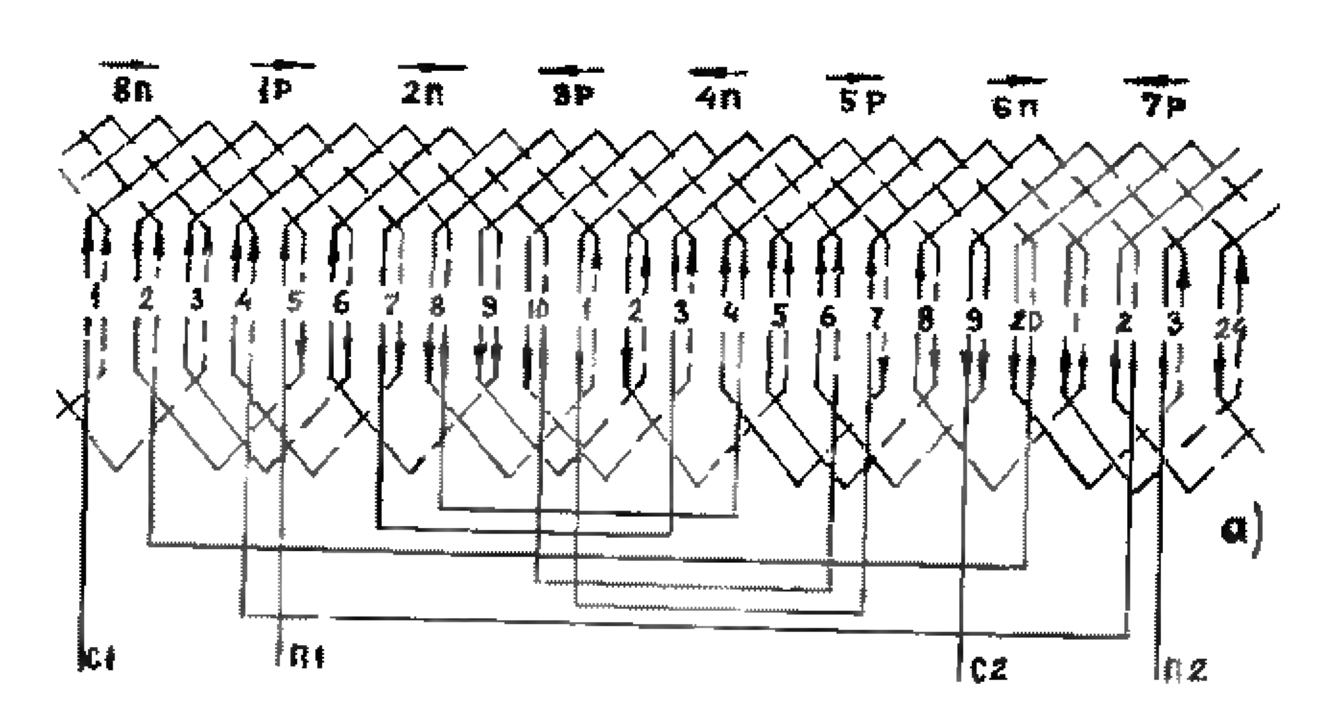


Рис.1. Схемы двухслойной равносекционной обмотки $\beta = 2/3 = 0{,}67$, $2p = 2$, $КГр = КГп = 2$. а) $Z = 18$, $q_р = 6$, $q_п = 3$, $У_р = У_п = 6(1-7)$. б) $Z = 24$, $q_р = 8$, $q_п = 4$, $У_р = У_п = 8(1-9)$.

Укладка катушечных групп производится поочередно — рабочая, потом пусковая, чередуясь все время в таком порядке через одну — $1_р$, $2_п$, $3_р$, $4_п$, $5_р$, $6_п$, $7_р$, $8_п$. Количество КГ зависит от числа полюсов электродвигателя. Соединение разрезных катушечных групп отдельно в рабочей и пусковой обмотках производится конец с концом, потом начало с началом, чередуясь все время, подобно соединению в фазах обмотки трехфазного электродвигателя. Для правильности соединения схемы над катушечными группами необходимо нанести стрелки в рабочей и пусковой обмотках с чередованием направления через одну (см. рис. 1 и 2).

При выполнении обмоток целыми, без паек, первые катушечные группы от обеих обмоток укладываются нормально, а следующие переворачиваются на 180 градусов, повторяя через одну.

На рис. 1а, б приведены однофазные двухслойные обмотки на $2p = 2$ при $Z = 18$, 24 а на рис. 2а, б на $2p = 4$ при $Z = 24$, 36.



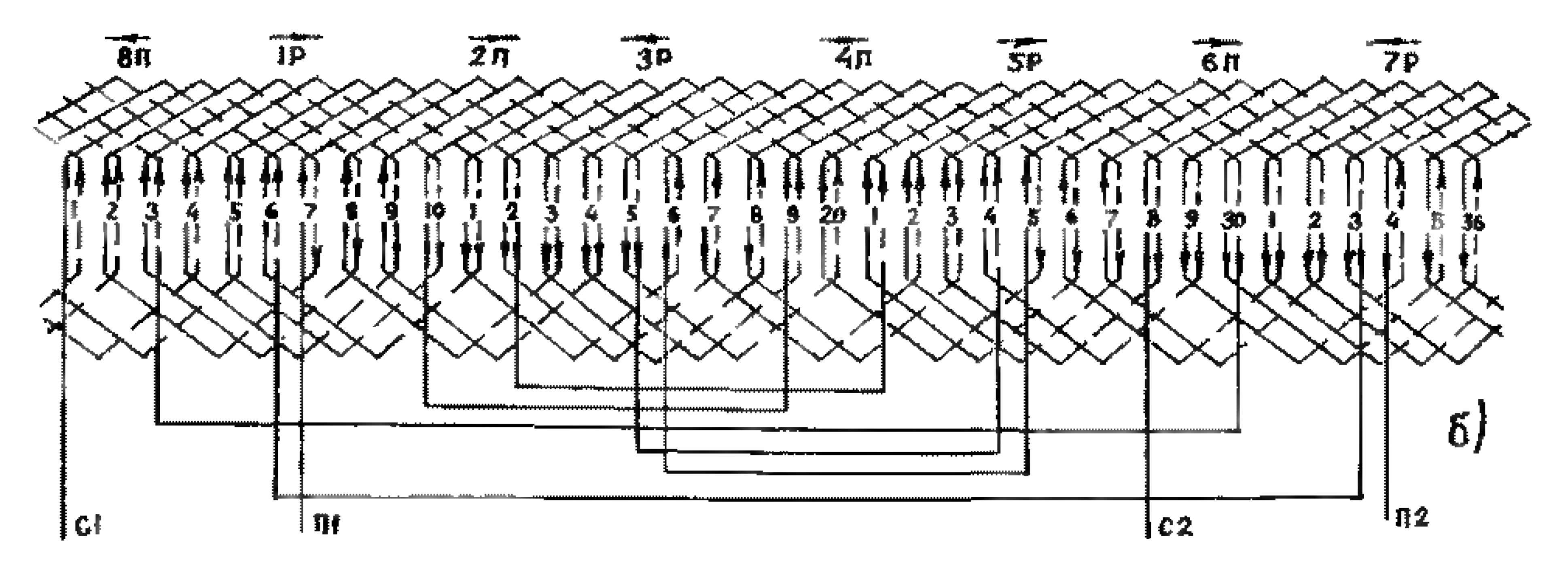


Рис.2. Схемы двухслойной равносекционной обмотки $\beta = 2/3 = 0{,}67$, $2p = 4$, $КГ_р = КГ_п = 4$. а) $Z = 24$, $q_р = 4$, $q_п = 2$, $У_р = У_п = 4(1—5)$. б) $Z = 36$, $q_р = 6$, $q_п = 3$, $У_р = У_п = 6(1—7)$.

ниже приводятся параметры для выполнения часто встречающихся электродвигателей с двухслойными обмотками в зависимости от числа пазов статора и числа полюсов с укорочением шага $\beta = 2/3 = 0{,}67$, что соответствует обмоточному коэффициенту укорочения $K_у = 0{,}87$.

Параметры для $2p = 2$ с числом катушечных групп $КГ_р = КГ_п = 2$

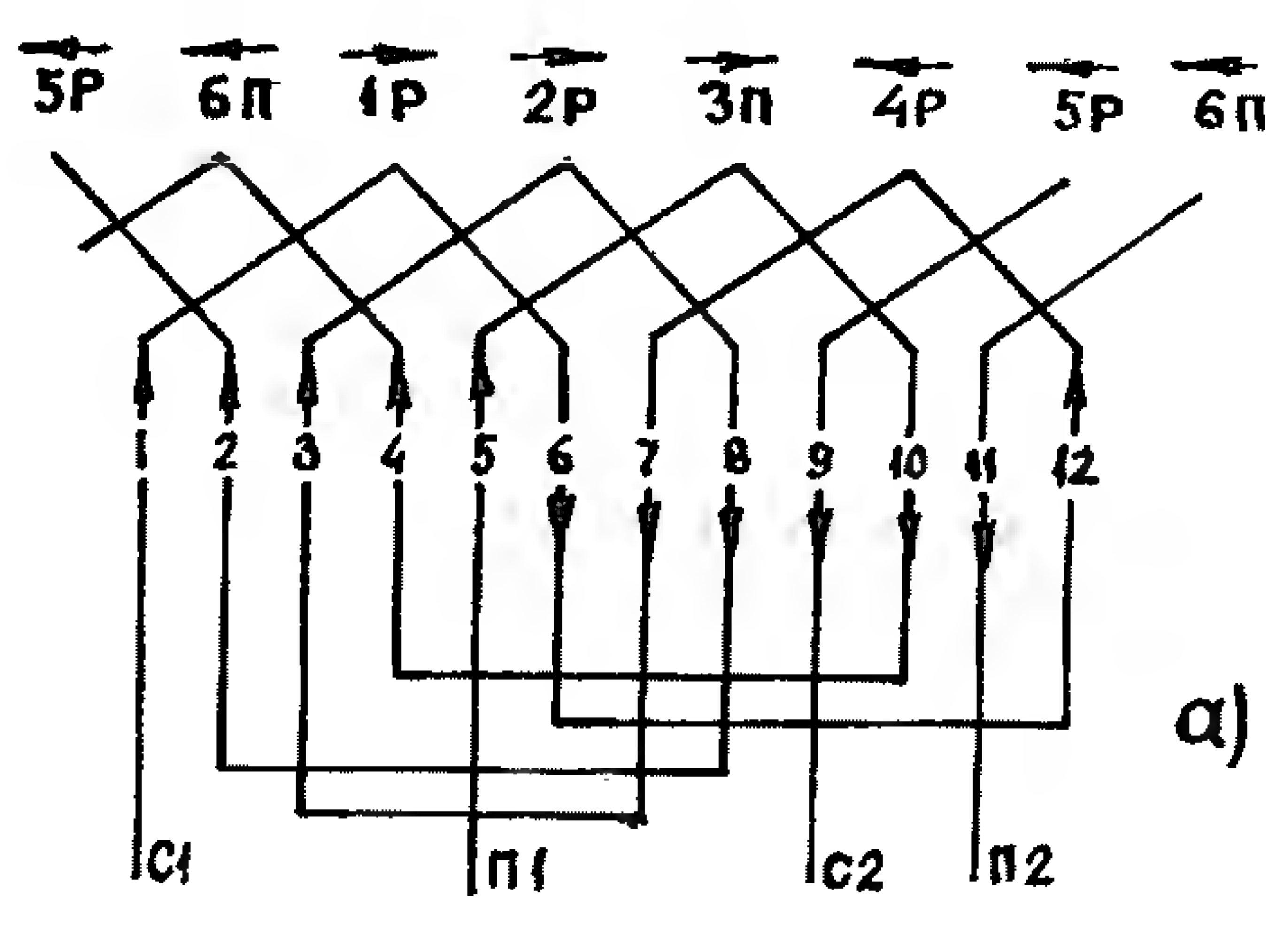
$Z = 12,\ q_р = 4,\ q_п = 2,\ У_у = 4\ (1\text{-}5)$
$Z = 18,\ q_р = 6,\ q_п = 3,\ У_у = 6\ (1\text{-}7)$
$Z = 24,\ q_р = 8,\ q_п = 4,\ У_у = 8\ (1\text{-}9)$

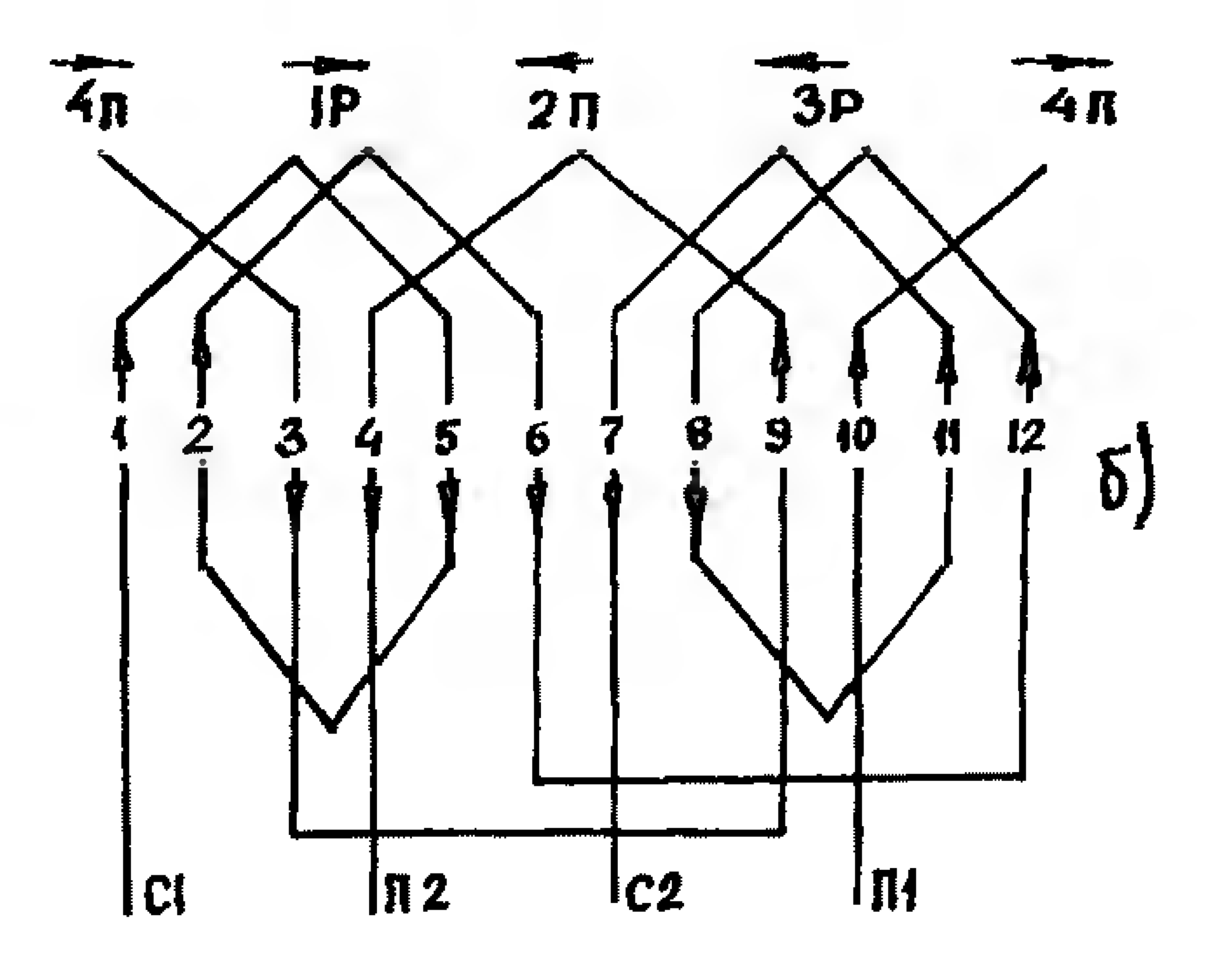
Парааметры для $2p = 4$ с числом катушечных групп $КГр = КГ_п = 4$

$Z = 12,\ q_р = 2,\ q_п = 1,\ У_у = 2\ (1\text{-}3)$
$Z = 18,\ q_р = 3,\ q_п = 2$ и $1,\ У_у = 3\ (1\text{-}4)$
$Z = 24,\ q_р = 4,\ q_п = 2,\ У_у = 4\ (1\text{-}5)$
$Z = 36,\ q_р = 6,\ q_п = 3,\ У_у = 6\ (1\text{-}7)$

В однофазных однослойных обмотках (отдельно для рабочей и пусковой) количество катушечных групп равно числу пар полюсов $КГ_р = КГ_п = p$ поэтому уложить их в статор с полным числом секций (полным числом пазов на полюс и фазу) при $2p = 2$, невозможно, а при $2p = 4$ для некоторых затруднено. Учитывая это, катушечные группы выполняют «вразвалку» или делят на части.

Однослойные обмотки выполняются равносекционными или концентрическими, которые приведены на рис. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.





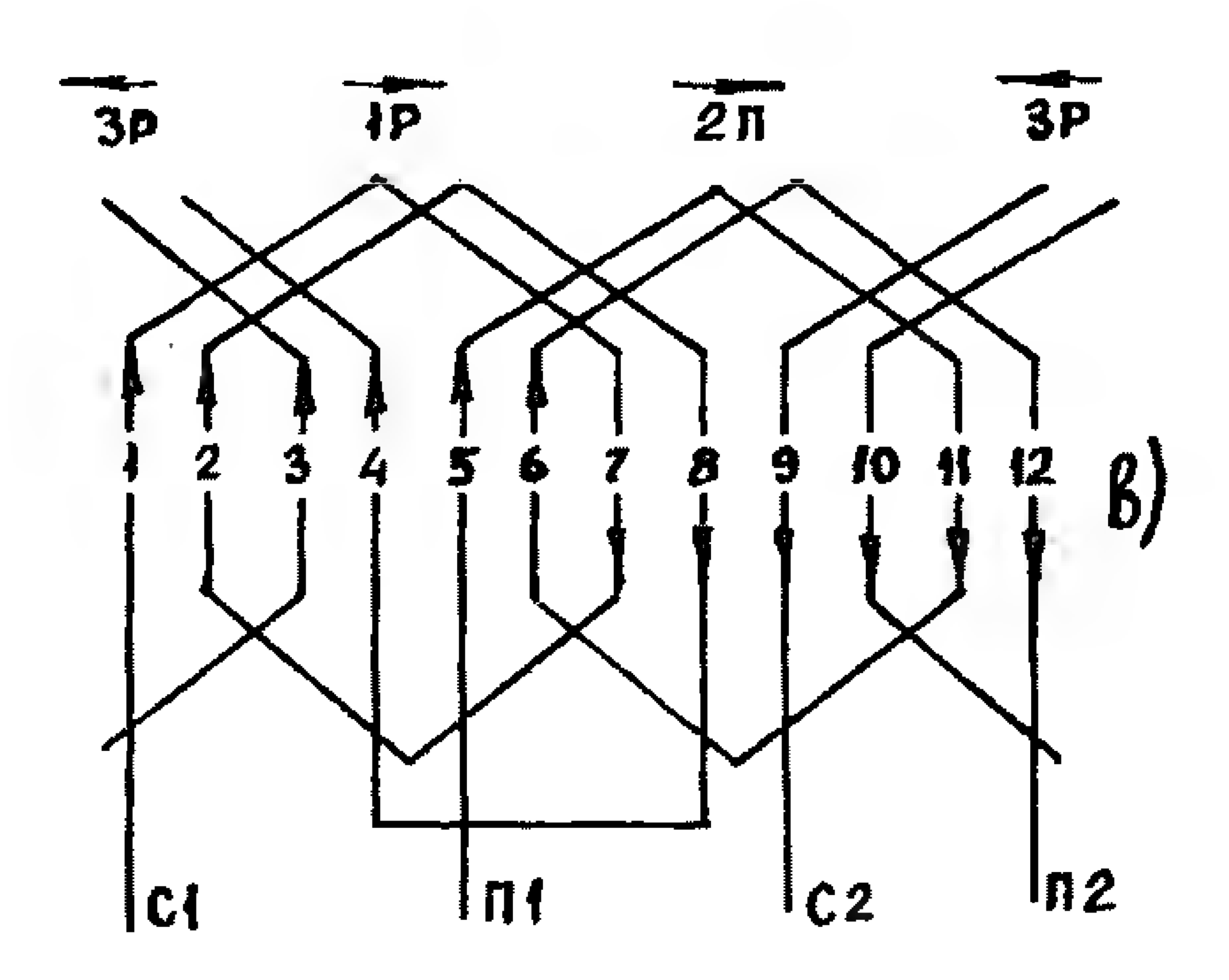


Рис.3. Схемы однослойной обмотки $2p = 2$, $Z = 12$.

а) рабочая обмотка расчлененная $q_р = 4 = 1+1+1+1$, пусковая обмотка вразвалку $q_п = 2 = 1+1$, $У_р = У_п = 5(1-6)$.

б) обе обмотки выполнены вразвалку $q_р = 4 = 2+2$, $У_р = 4(1-5)$. $q_п = 2 = 1+1$, $У_п = 5(1-6)$.

в) рабочая обмотка в развалку $q_р = 4 = 2+2$, пусковая обмотка с полными КГ, $q_п = 2$, $У_р = У_п = 6(1-7)$, (равносекционная).

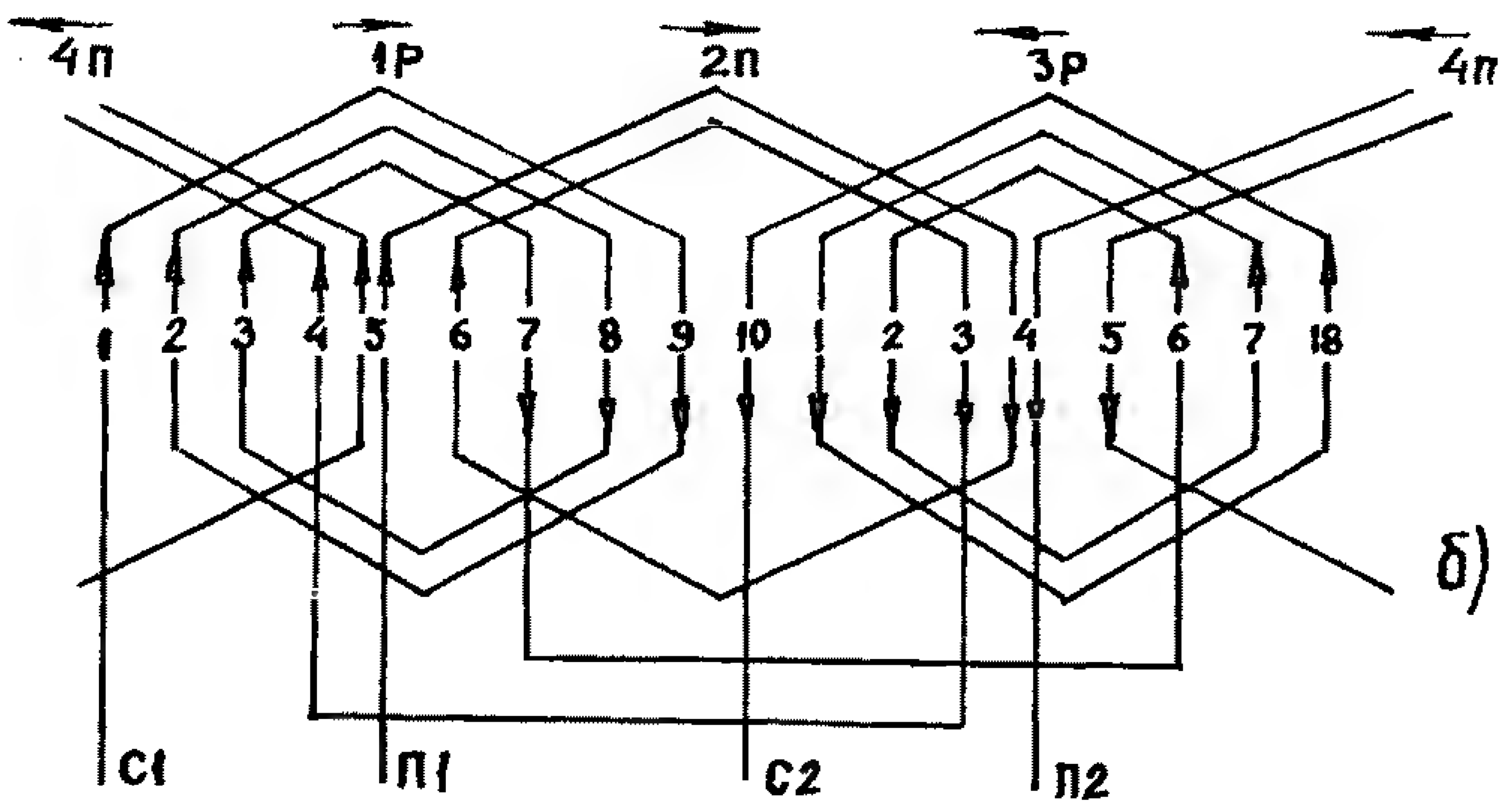
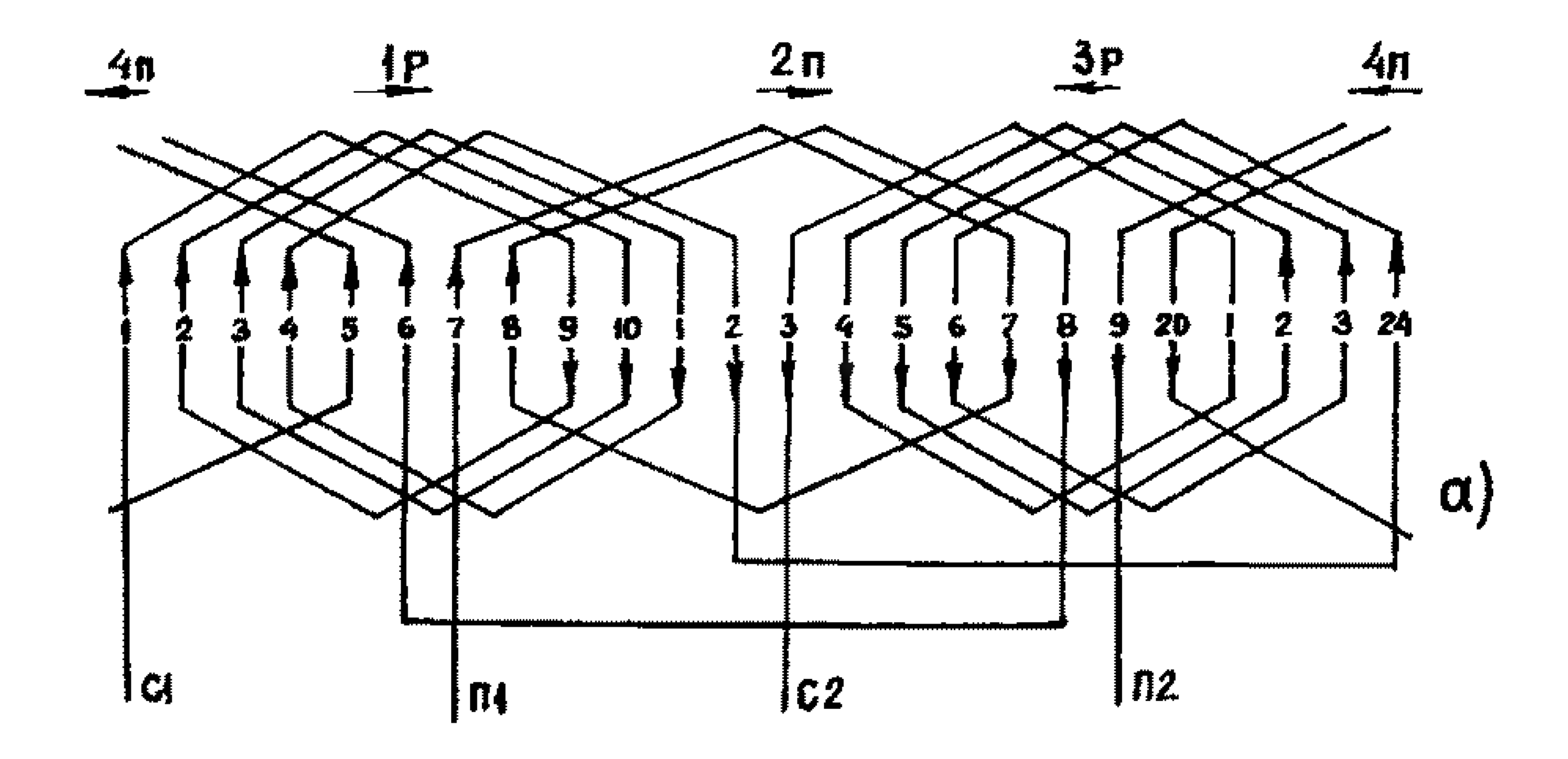


Рис.4. Схема однослойной обмотки $2p = 2$, $Z = 18$, обе обмотки вразвалку $КГ_р = КГ_п = 2$

а) равносекционная $q_р = 6 = 3 + 3$, $У_р = 6(1-7)$, $q_п = 3 = 2 + 1$, $У_п = 8(1-9)$ и $7(1-8)$

б) концентрическая $q_р = 6 = 3 + 3$, $У_р = 8(1-9)$, $6(2-8)$, $4(3-7)$. Пусковая обмотка с расчесаной секцией $q_п = 3 = 1{,}5 + 1{,}5$, $У_п = 9(1-10)$, $7(2-9)$, (комбинированная).



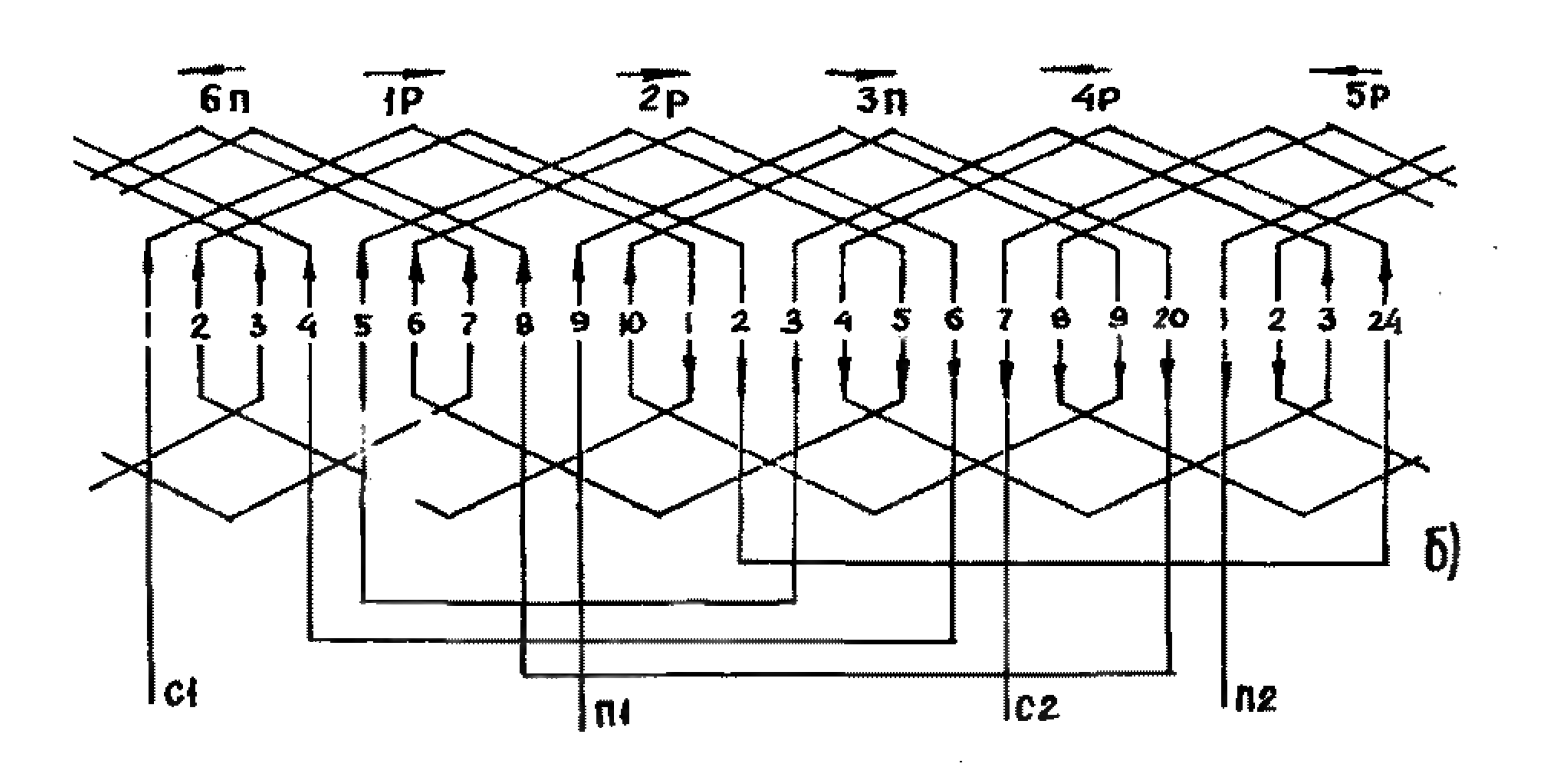
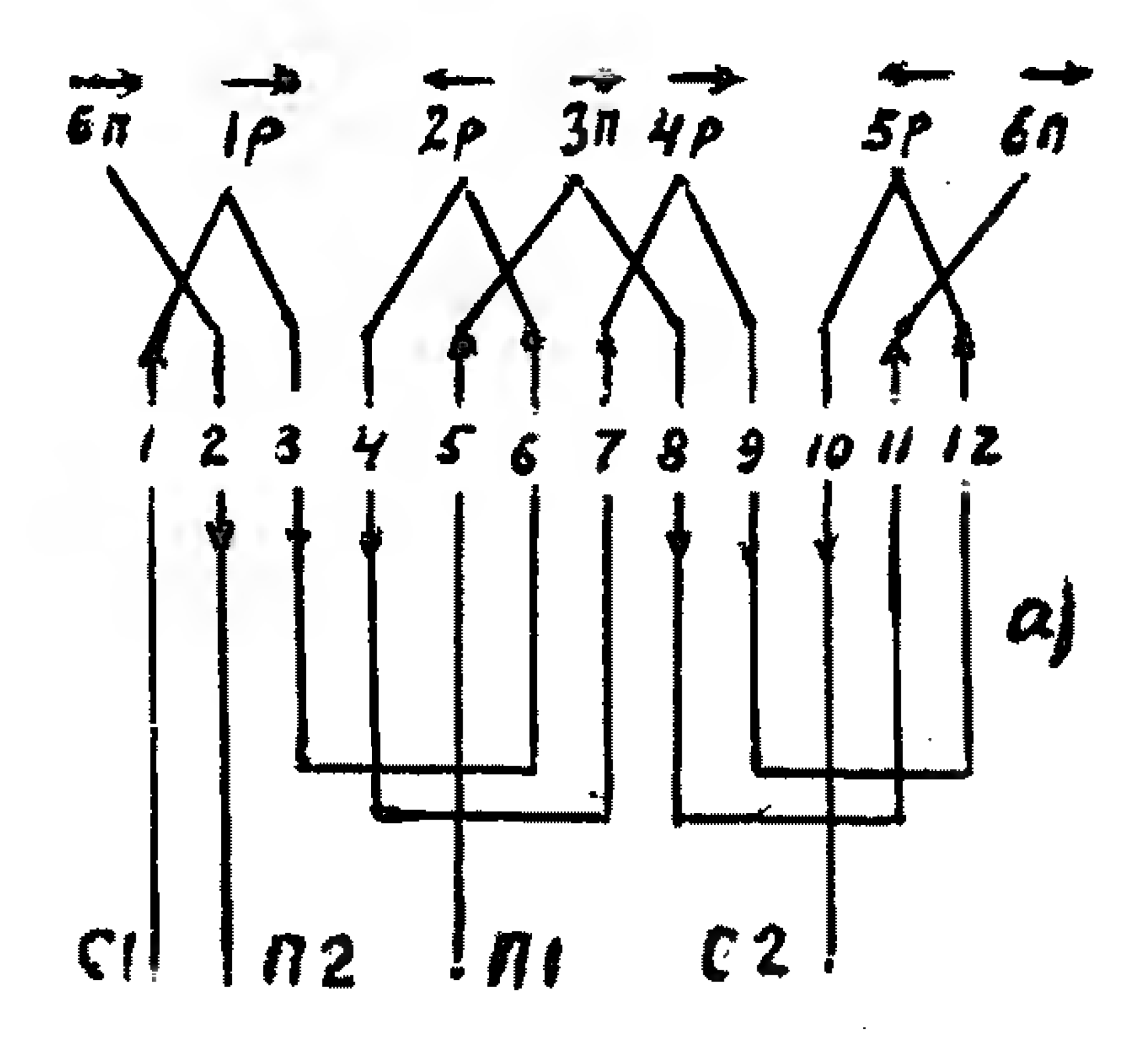


Рис.5. Схемы однослойной равносекционной обмотки $Z = 24$, $2p = 2$. а) вразвалку $q_р = 8 = 4 + 4$, $У_р = 8(1-9)$, $q_п = 4 = 2 + 2$, $У_п = 10(1-11)$, $КГ_р = КГ_п = 2$, б) рабочая-расчленена, $q_р = 8 = 2 + 2 + 2 + 2$, $КГ_р = 4$ пусковая-вразвалку $q_п = 4 = 2 + 2$, $КГ_п = 2$, $У_р = У_п = 10(1-11)$.



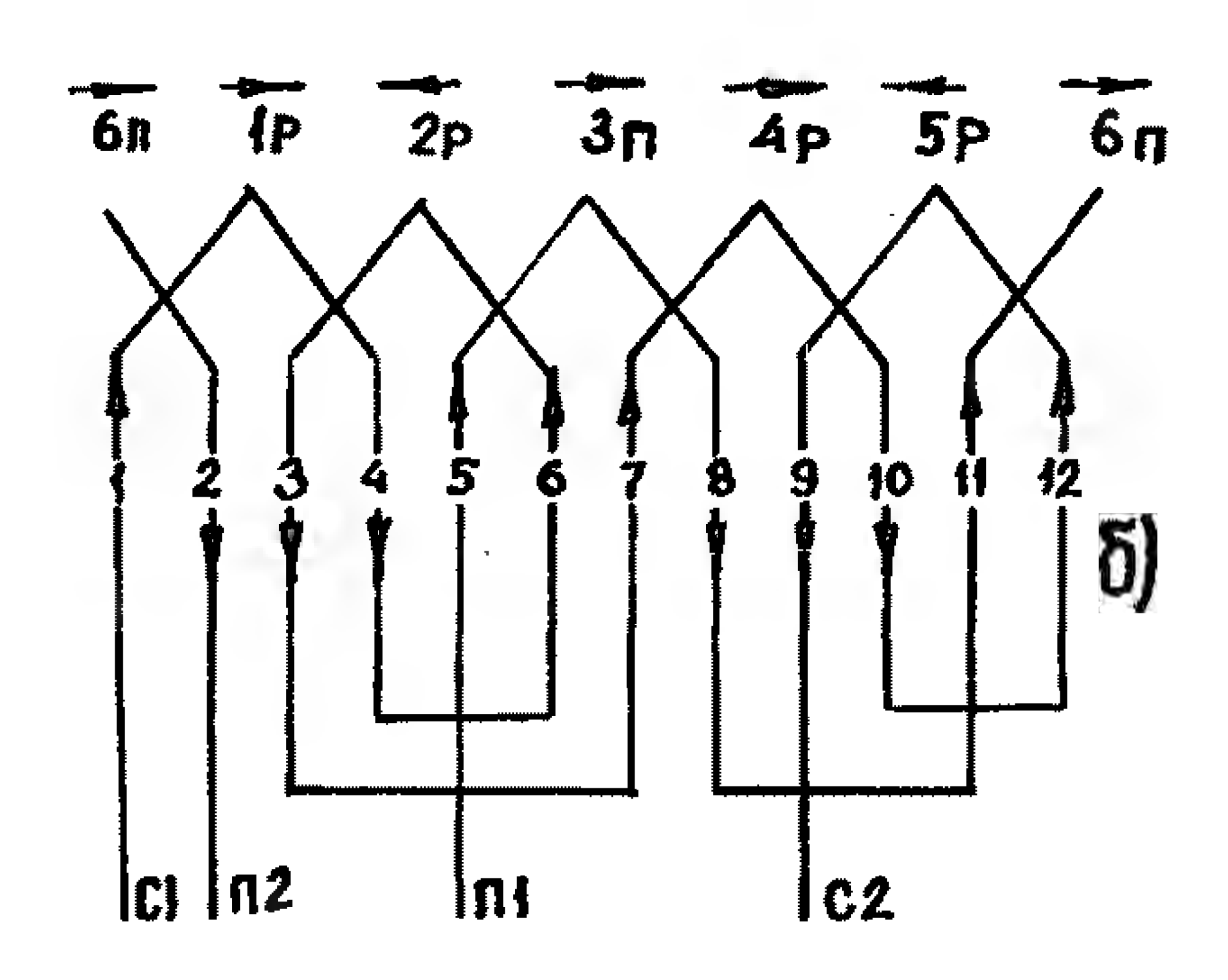


Рис.6. Схемы однослойной обмотки $2p = 4$, $Z = 12$;
а) Рабочая «вразвалку» $q_р = 2 = 1 + 1$, $У_р = 2(1-3)$, $КГ_р = 4$, пусковая полными КГ, $q_п = 1$, $У_п = 3(1-4)$, $КГ_п = 2$.
б) Равносекционная — рабочая «вразвалку», пусковая полными КГ, $q_р = q_п = 1$, $У_р = У_п = 3(1-4)$, $КГ_р = 4$, $КГ_п = 2$.

Для однослойных равносекционных обмоток «вразвалку» с четным числом пазов на полюс и фазу шаг определяется по формуле (3)

$$У_р \text{ или } У_п = \frac{Z}{2p} - 0,5 \cdot q \qquad (3)$$

При выполнении однослойной концентрической обмотки шаги секций в катушечных группах будут различны и составляются по шагу равносекционной обмотки.

В однослойных обмотках «вразвалку» соединение катушечных групп производится как и в двухслойных обмотках — конец с концом, потом начало с началом, чередуясь периодически. С нечетным числом пазов на полюс и фазу катушечные группы «развалки» выполняются с разным числом секций, что делает обмоткунесимметричной (см. рис. 4а).

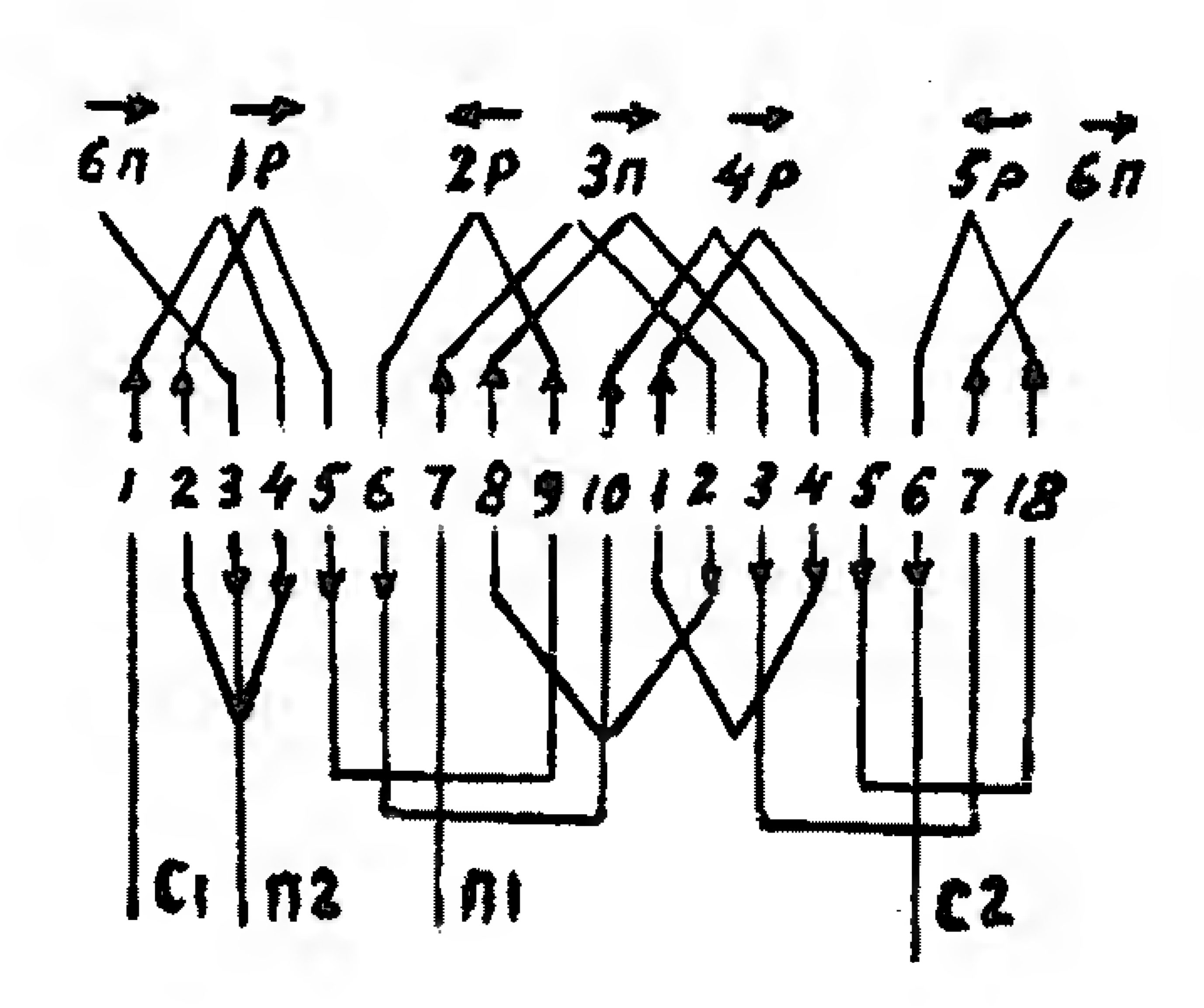


Рис.7. Схема однослойной обмотки $2p=4$, $Z=18$, рабочая «вразвалку» $q_р=1+2$, $У_р=2(1-3)$, $3(1-4)$, $4(1-5)$, $КГ_р=4$, пусковая полными КГ, $q_п=1$ и 2, $У_п=4(1-5)$, $5(1-6)$. $КГ_п=2$.

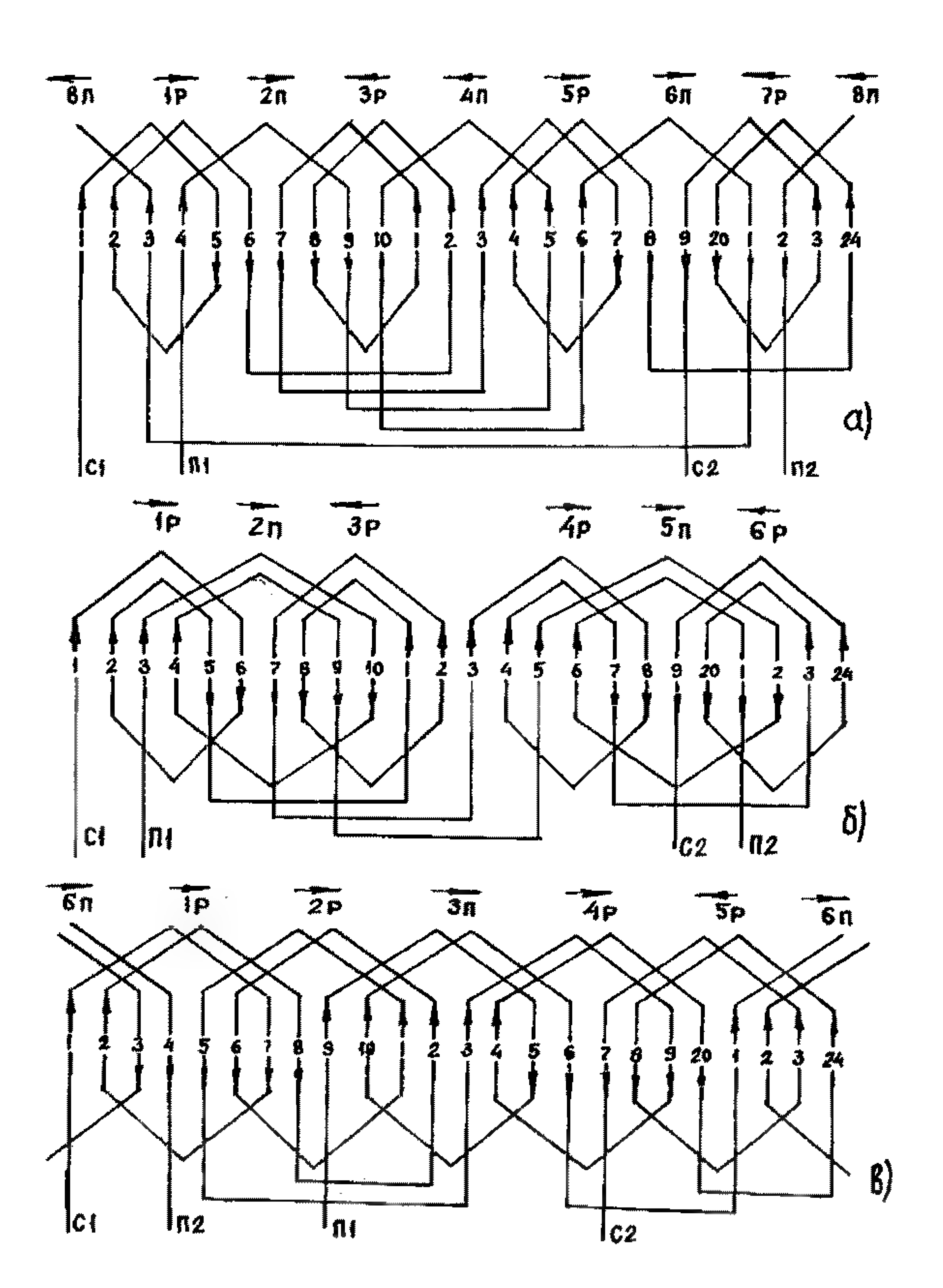


Рис.8. Схемы однослойной обмотки $2p=4$, $Z=24$;
а) рабочая «вразвалку» $q_р = 4 = 2+2$, $У_р = 4(1-5)$
пусковая «вразвалку», $q_р = 2 = 1+1$, $У_п = 5(1-6)$, $КГ_р = КГ_п = 4$.
б) рабочая «вразвалку», $q_р = 4 = 2+2$, $У_п = 4(1-5)$, $КГ_р = 4$.
пусковая полными КГ, $q_п = 2$, $У_п = 6(1-7)$, $КГ_п = 2$.
в) равносекционная; $q_р = 4 = 2+2$, $q_п = 2$, $У_р = У_п = 6(1-7)$, $КГ_р = 4$, $КГ_п = 2$.

Для получения симметричной обмотки с нечетным числом пазов на полюс и фазу обмотку выполняют концентрической, а в катушечных группах расчесывают по одной секции (делят на две части), в результате чего катушечные группы получаются одинаковыми, при этом стороны расчесанных секций занимают половину паза (см. рис. 4б-комбинированная обмотка).

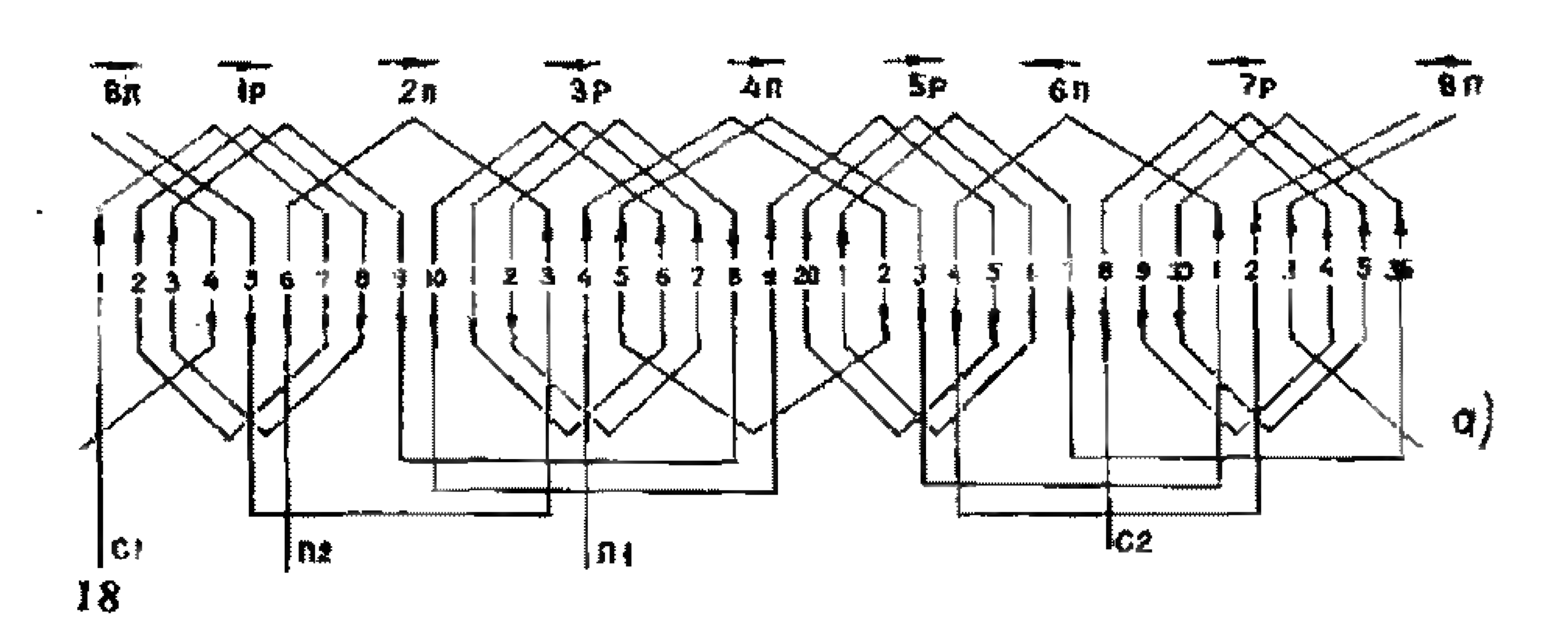
Если при 2р = 2 обе обмотки выполняют «вразвалку» или делят на несколько частей, то при 2р = 4 можно выполнять обе обмотки или «вразвалку» или полными катушечными группами.

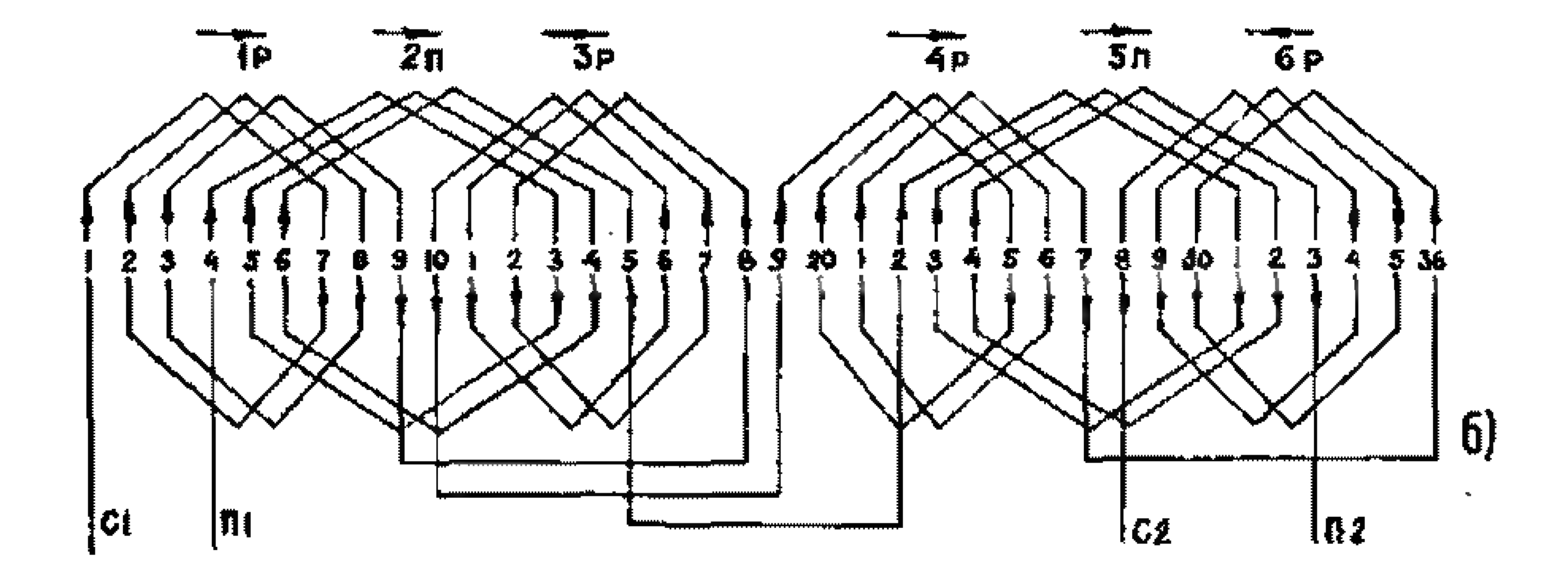
При полных катушечных группах шаг обмотки определяется по формуле (4):

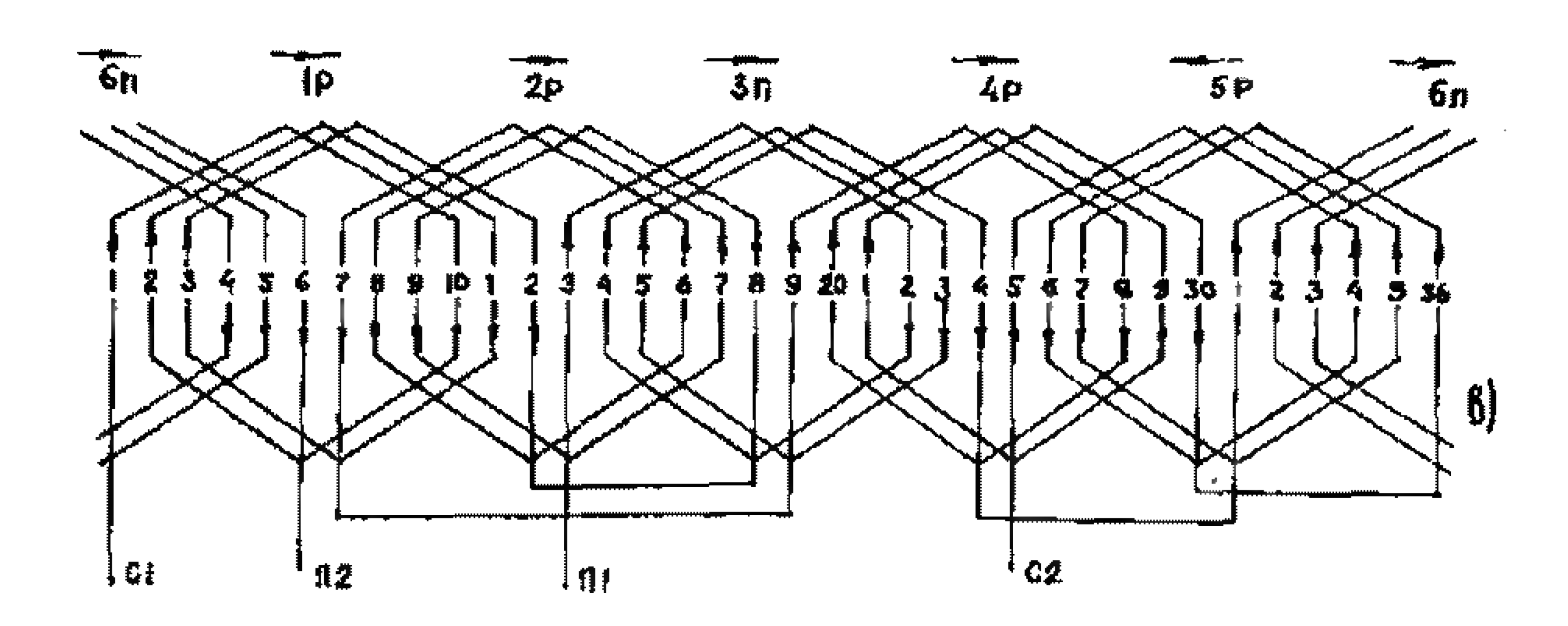
$$У_р \text{ или } У_п = \frac{Z}{2p} \qquad (4)$$

Соединение катушечных групп производится по схеме: конец с началом, конец с началом и т. д.

Для запуска электродвигателей с однослойной обмоткой пусковая обмотка выполняется с бифиляром (порядка 20 процентов витков в каждой секции наматывают обратно) для уменьшения реактивного сопротивления. Пусковая обмотка с бифиляром после запуска электродвигателя обязательно отключается. Обмотка с числом пазов для рабочей 2/3 и пусковой 1/3 могут включаться с конденсаторами, тогда в бифляре нет необходимости. После запуска электродвигателя пусковая обмотка с конденсаторами может отключаться или остается включенной. При отключении пусковой обмотки во время работы 1/3 пазов статора не используется, поэтому электродвигатель имеет пониженную мощность по сравнению с электродвигателем с включенной пусковой обмоткой.







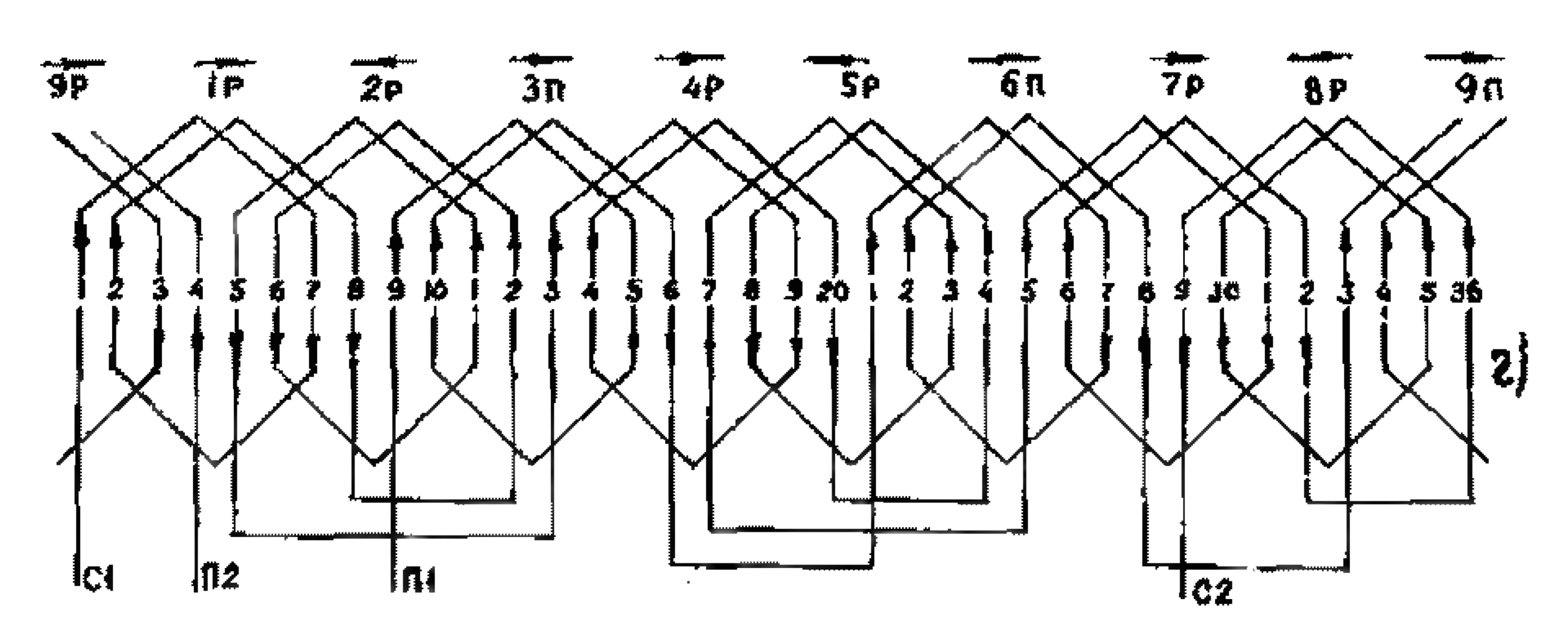


Рис.9. Схемы однослойной обмотки $Z = 36$;

а) $2p = 4$, «вразвалку», $КГ_р = КГ_п = 4$, рабочая $q_р = 6 = 3+3$, $У_р = 6(1-7)$, пусковая $У_п = 8(1-9)$ и $7(1-8)$ $q_п = 2+1$,

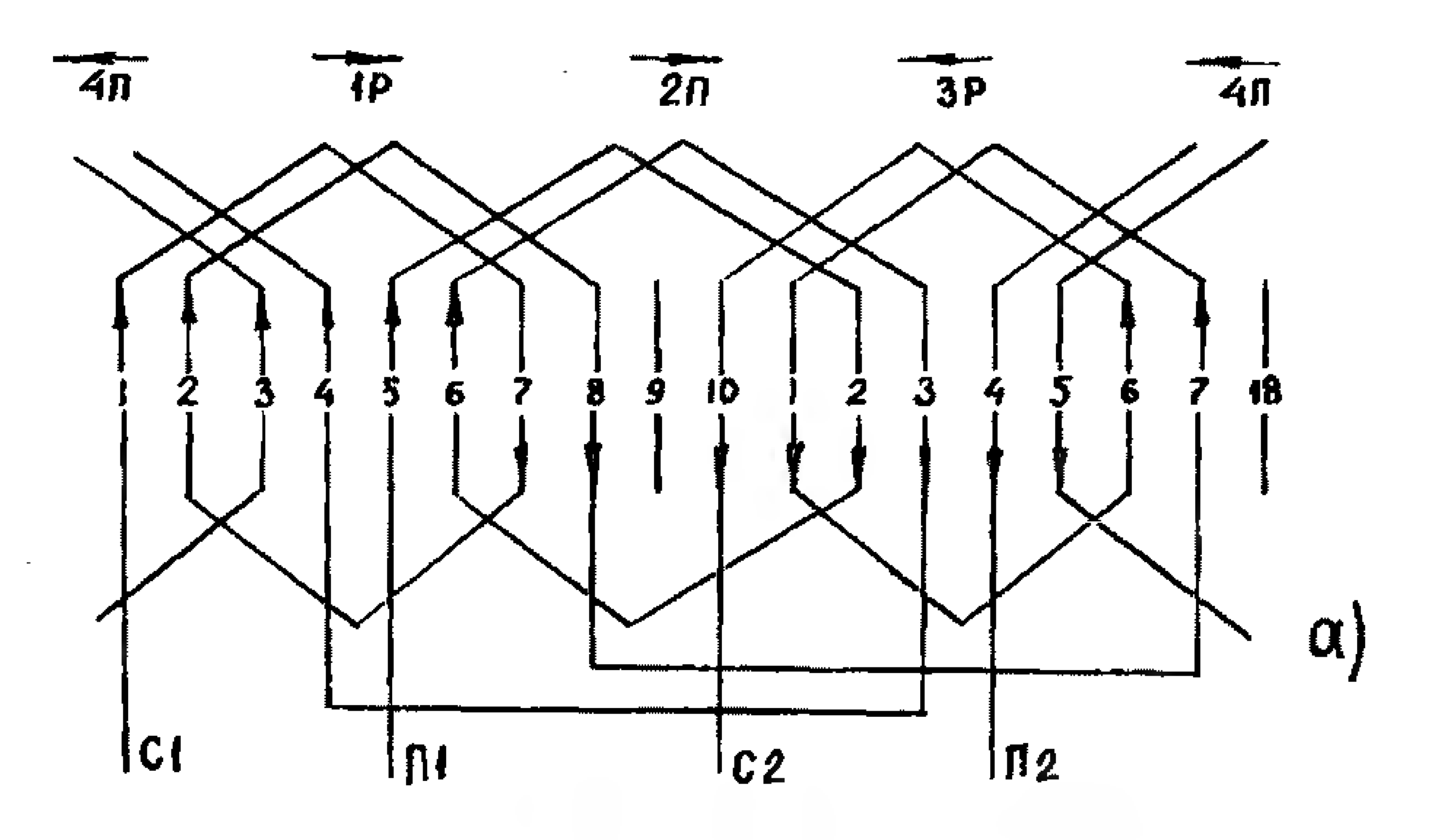
б) $2p = 4$, рабочая «вразвалку» $q_р = 6 = 3+3$, $У_р = 6(1-7)$, $КГ_р = 4$ пусковая с полными КГ, $q_п = 3$, $У_п = 9(1-10)$, $КГ_п = 2$.

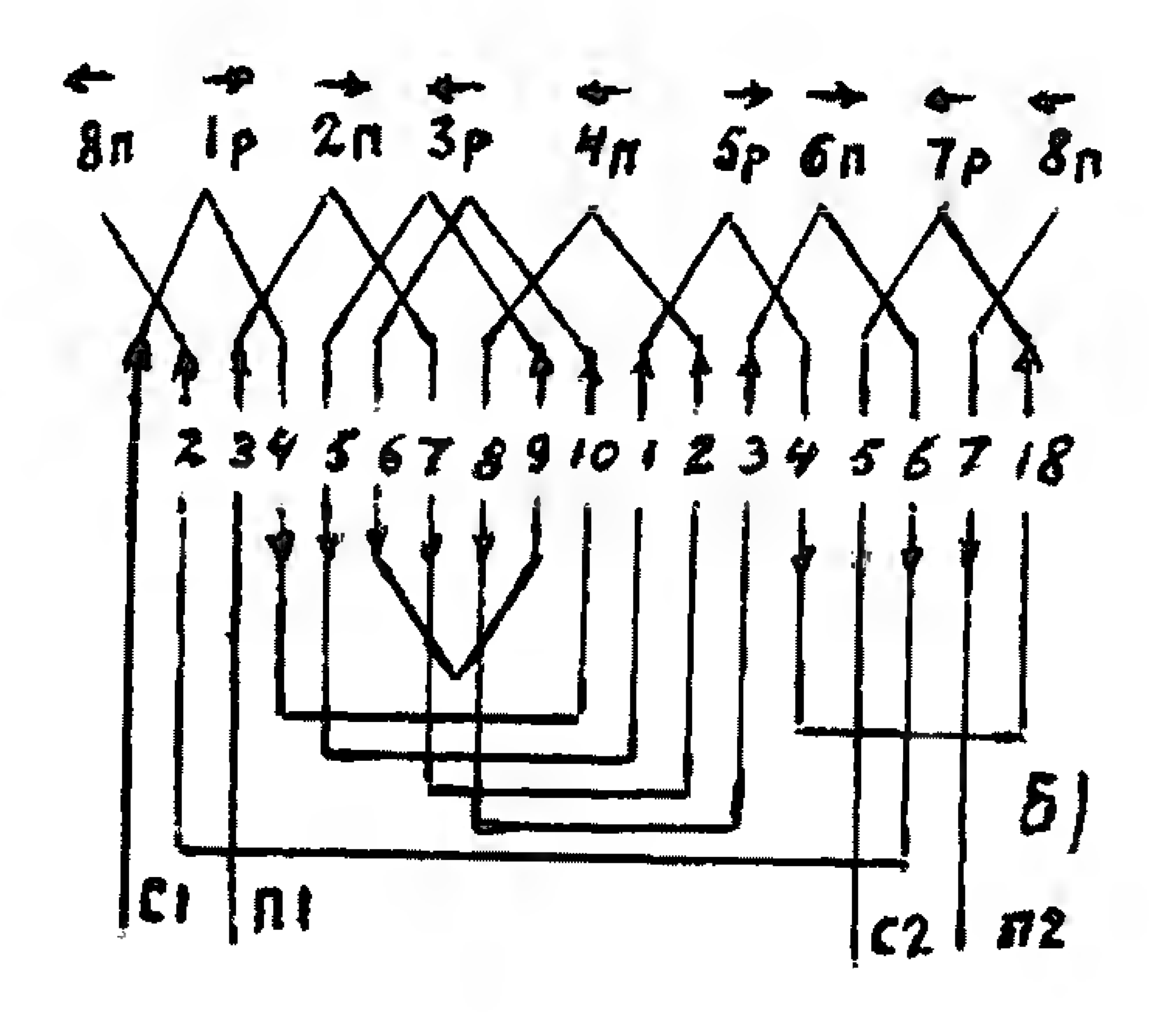
в) $2p = 4$, равносекционная; рабочая «варзвалку», пусковая полными КГ, $q_р = q_п = 3$, $У_р = У_п = 9(1-10)$, $КГ_р = 4$, $КГ_п = 2$

г) $2p = 6$, равносекционная; рабочая «вразвалку», пусковая полными КГ, $q_р = q_п = 2$, $У_р = У_п = 6(1-7)$, $КГ_р = 6$, $КГ_п = 3$.

2. 2. ОБМОТКИ С РАВНЫМ ЧИСЛОМ ПАЗОВ В СТАТОРЕ ДЛЯ РАБОЧЕЙ И ПУСКОВОЙ

Большое распространение получили однофазные обмотки, в которых рабочая и пусковая обмотки занимают по одинаковому числу пазов в статоре. Эти обмотки выполняются только с рабочими конденсаторами и при работе электродвигателя пусковая обмотка остается включенной.





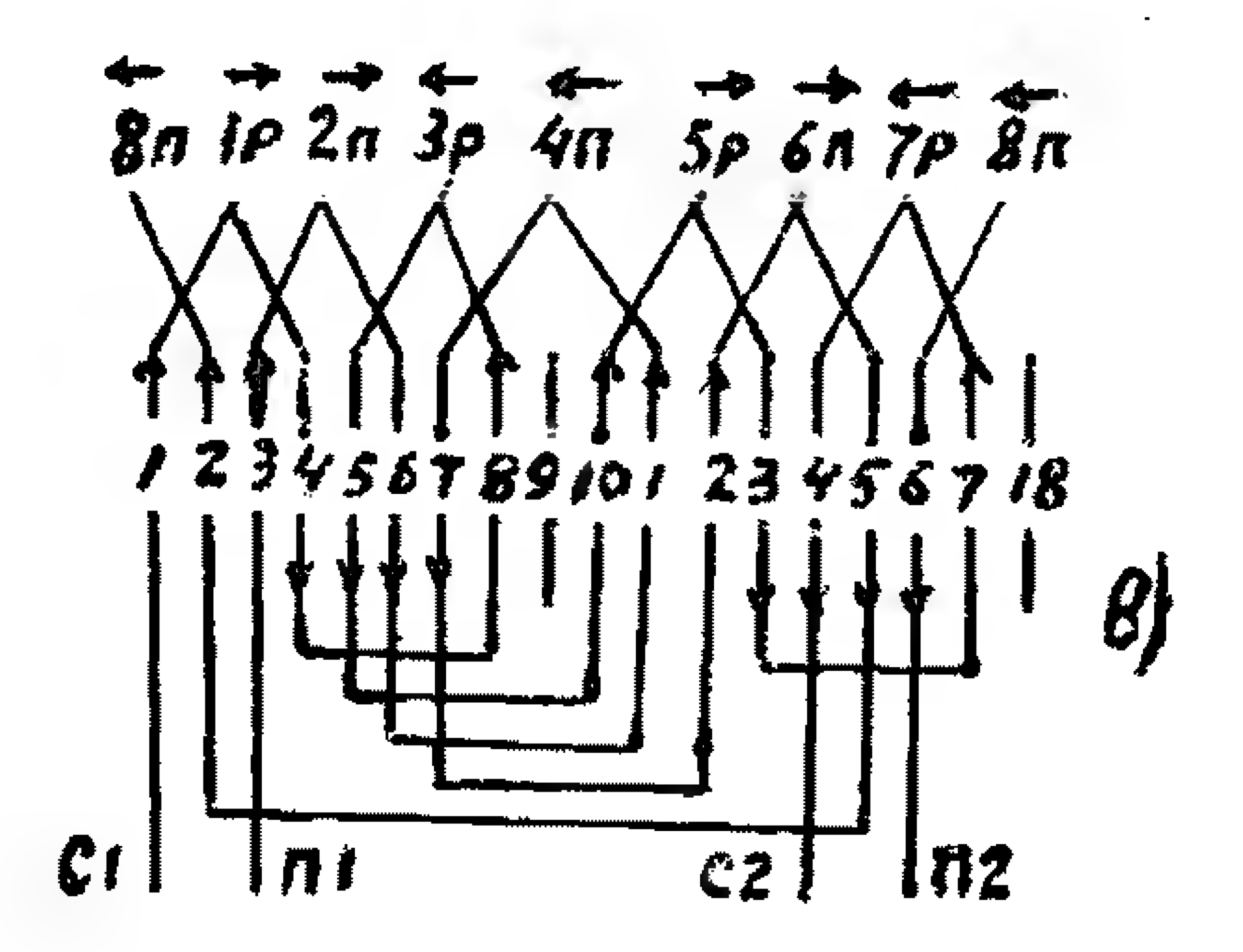
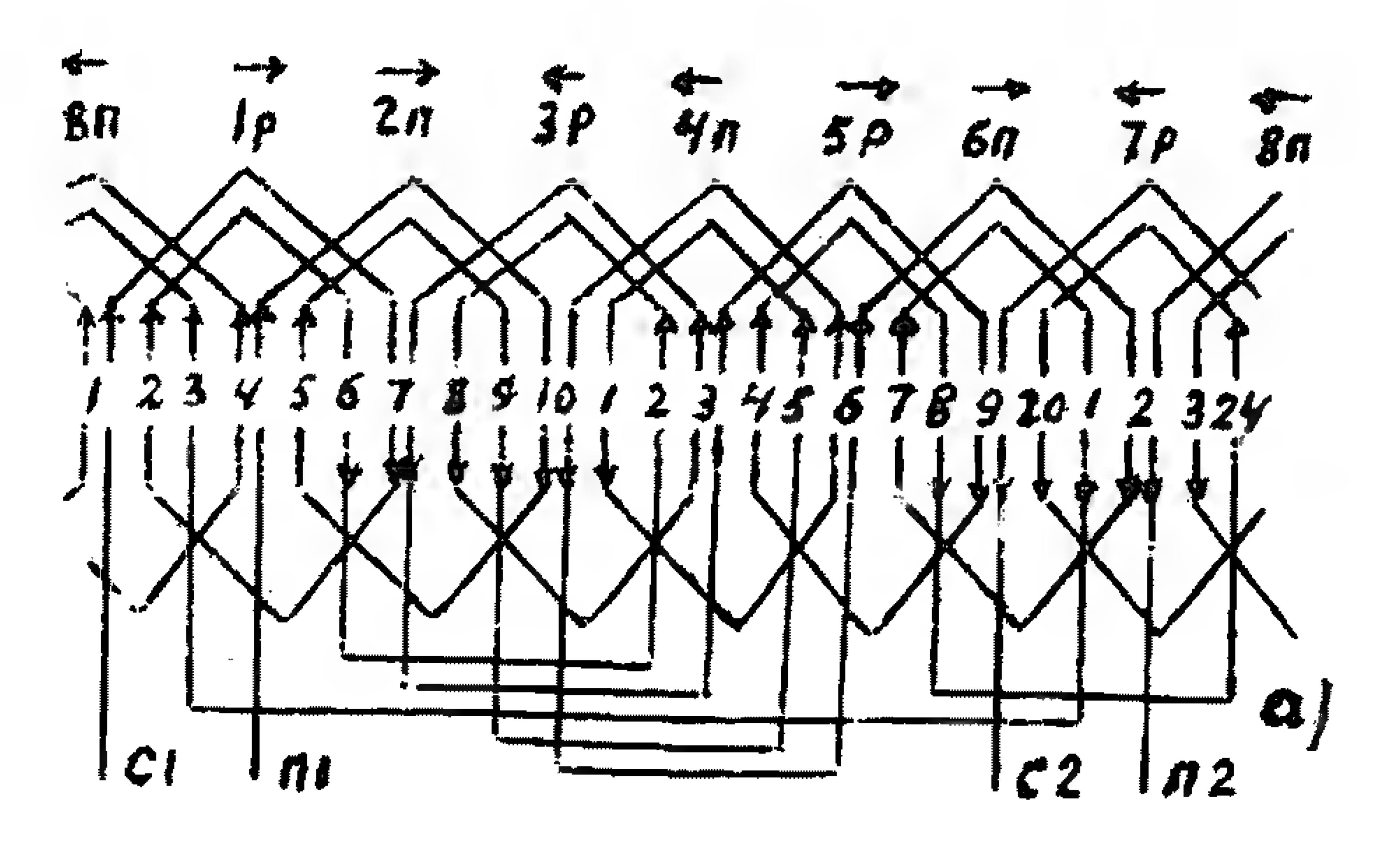


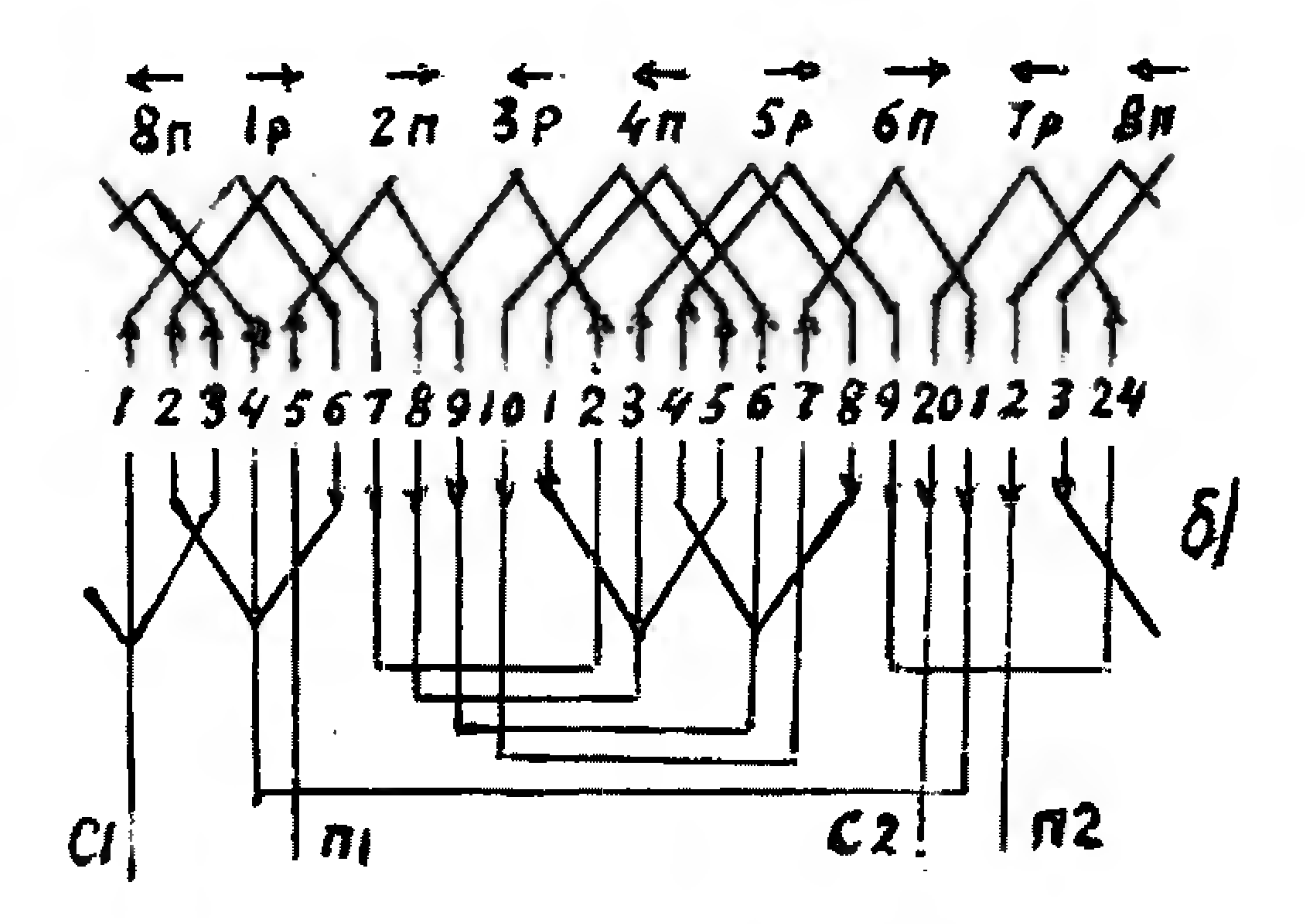
Рис.10. Схемы однослойной обмотки «вразвалку» с равным числом пазов для рабочей и пусковой (конденсаторные), $Z = 18$, $КГ_р = КГ_п$;

а) $2р = 2$, равносекционная (с двумя свободными пазами) $q_р = q_п = 2$, $У_р = У_п = 6\,(1—7)$, $КГ_р = КГ_п = 2$.

б) $2р = 4$, $q_р = 1 \div 2$, $У_р = 3\,(1—4)$ и $4\,(1—5)$, пусковая $q_п = 1$, $У_п = 4\,(1—5)$ и $3\,(1—4)$, $КГ_р = КГ_п = 4$.

в) $2р = 4$, равносекционная (с двумя свободными пазами); $q_р = q_п = 1$, $У_р = У_п = 3\,(1—4)$, $КГ_р = КГ_п = 4$.





8п 1р 2п 3р 4п 5р 6п 7р 8п

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 1 2 3 4 5 6 7 8 9 20 1 2 3 4 5 6 7 8 9 30 1 2 3 4 5 36

в)

С1 П1 С2 П2

Рис.11. Схемы однослойной обмотки «вразвалку» с равным числом пазов для рабочей и пусковой $2р = 4$, $КГ_р = КГ_п = 4$;
а) $Z = 24$ равносекционная с расчесанной секцией (комбинированная), $q_р = q_п = 2$, $У_р = У_п = 6(1-7)$, $4(2-6)$
б) $Z = 24$, $q_р = q_п = 2 + 1$, $У_р = У_п = 5(1-6)$ и $4(1-5)$
в) $Z = 36$, $q_р = 2 + 3$, $У_р = 6(1-7)$ и $7(1-8)$.
$q_п = 4 = 2 + 2$, $У_п = 7(1-8)$.

Они имеют малый пусковой момент (выше номинального в 1,3 раза) и для повышения его в 2— 2,5 раза параллельно рабочему конденсатору включается пусковой (рис. 17в). Такое соотношение пазов позволяет обмотку выполнять равносекционной с одинаковым числом секций в катушечных группах и одним шагом для рабочей и пусковой (рис. 10 а, б, в, 11 а, б, в, 12 а, б).

Чисо пазов на полюс и фазу определяется по фрмуле (5)

$$q_р = q_п = \frac{Z}{2p} \cdot \frac{1}{2} = \frac{Z}{4p} \qquad (5)$$

обмотки выполняют как двухслойные так и однослойные, при чем последние могут быть равносекционные или концентрические.

Для однослойной равносекционной обмотки «вразвалку» шаг определяется по формуле (3), а для двухслойной обмотки шаг укорачивается на одну треть и рассчитывается по формуле (2).

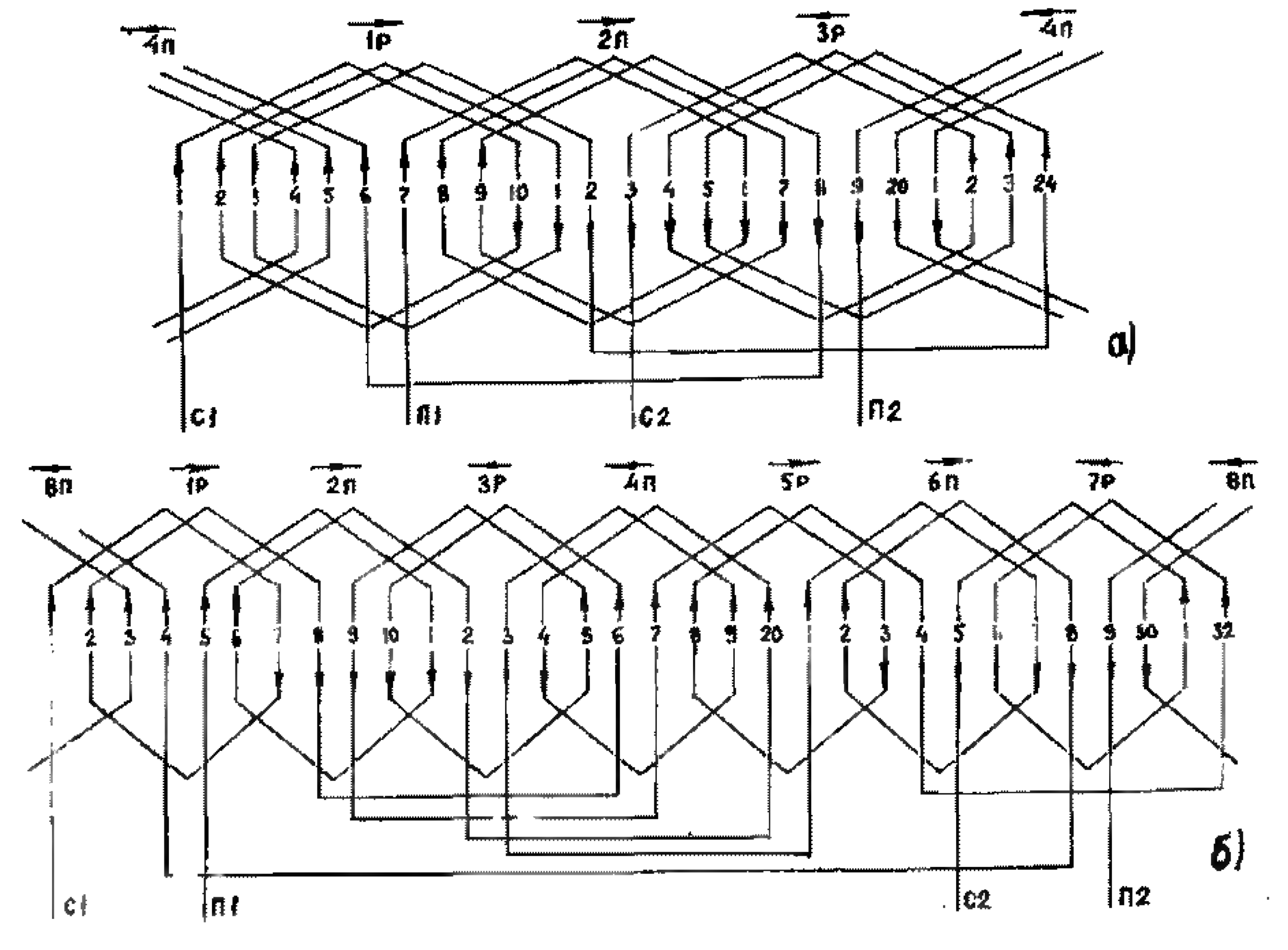


Рис.12. Схемы однослойной равносекционной обмотки «вразвалку» с равным числом пазов для рабочей и пусковой, $КГ_р = КГ_п$;
а) $Z = 24$, $2p = 2$, $q_р = q_п = 3$, $У_р = У_п = 9(1-10)$ $КГ_р = КГ_п = 2$
б) $Z = 32$, $2p = 4$, $q_р = q_п = 2$, $У_р = У_п = 6(1-7)$, $КГ_р = КГ_п = 4$.

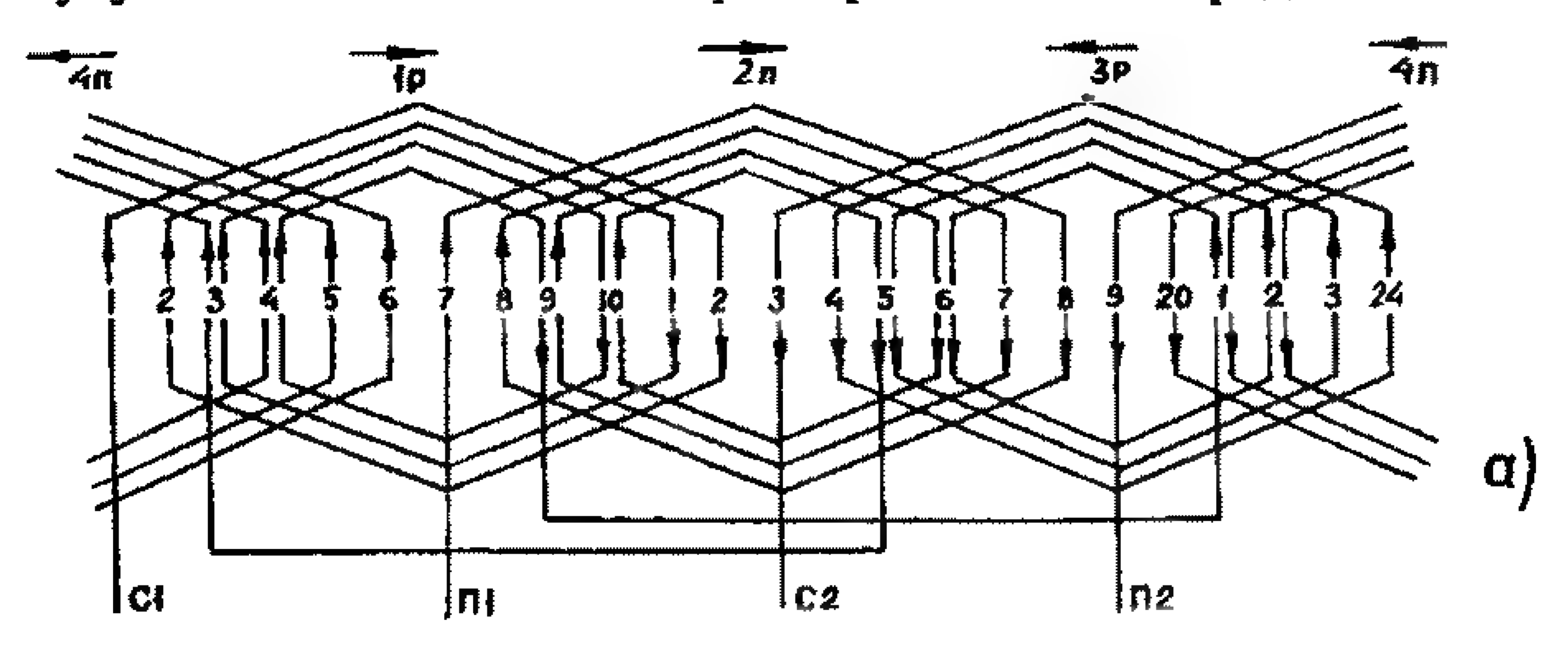
По сравнению с однослойными равносекционными, концентрические обмотки (рис. 4б, 8б) уменьшают лобовую часть и позволяют производить укладку в пазы статора машинным способом, но так как электромагнитные характеристики их равнозначны, то они взаимозаменяемы.

Пусковая обмотка чаще выходит из строя, поэтому во всех электродвигателях ее укладывают сверху, что позволяет заменить, не нарушая рабочую обмотку, при этом в зависимости от возможности у ремонтников можно выполнить концентрической или равносекционной как полностью, так и частично.

2. 3. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОБМОТКИ

Помимо приведенных однофазных обмоток применяются специальные обмотки, называемые «синусными». По своему исполнению они сочетают в себе обмотки однослойные и двухслойные, а по форме групп подобны однослойным с концентрическими секциями (одно-двухслойным). Все или часть секций делятся на две части и стороны полусекций, располагаются на внутренней части катушечных групп в одних пазах, относящихся к рабочей и пусковой обмоткам.

Характерным для «синусных» обмоток является то, что все полусекции заполняются разным числом витков, которые распределяются по пазам в строго определенном порядке, где для каждого паза указаны число проводников рабочей и пусковой обмоток. Такое распределение сторон полусекций по пазам улучшает форму кривой магнитного поля, приближая ее к синусоидальной, что улучшает технические характеристики электродвигателя.



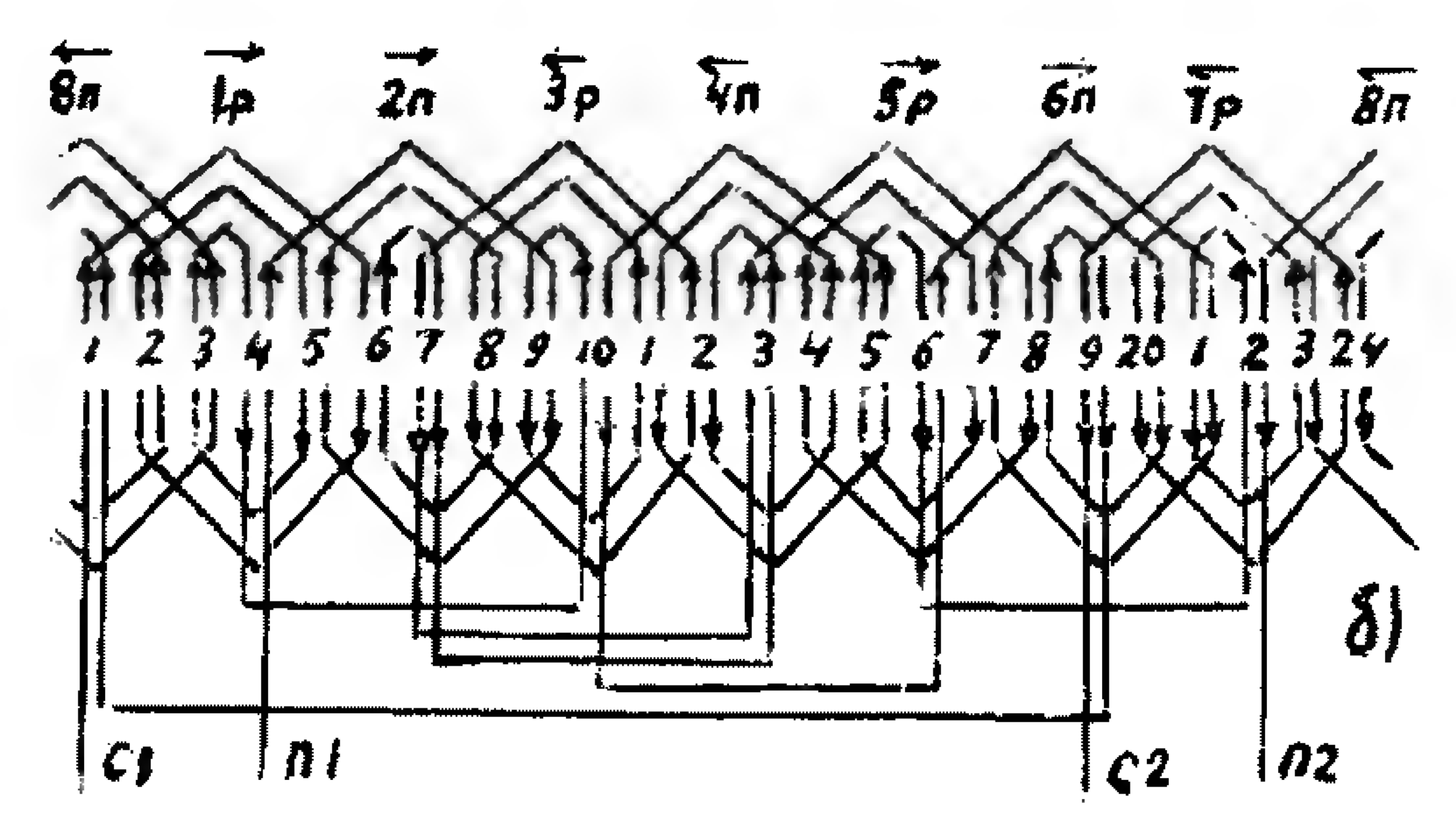


Рис.13. Схемы синусной равносекционной обмотки «вразвалку» $Z = 24$, $КГ_р = КГ_п$;

а) $2р = 2$, $q_р = q_п = 6$, $У_р = У_п = 11(1—12)$, $9(2—11)$, $7(3—10)$, $5(4—9)$, $КГ_р = КГ_п = 2$.

б) $2р = 4$, $q_р = q_п = 4$, $У_р = У_п = 5(1—6)$, $3(2—5)$, $1(3—4)$, $КГ_р = КГ_п = 4$.

Рис.14. Схемы синусной обмотки «вразвалку», $Z = 32$, $2р = 4$, $КГ_р = КГ_п$;

а) равносекционная $q_р = q_п = 4$, $У_р = У_п = 11(1—12)$, $9(2—11)$, $7(3—10)$, $5(4—9)$, $КГ_р = КГ_п = 2$

б) $У_р = 7(1—8)$, $5(2—7)$, $3(3—6)$, $У_п = 6(1—7)$, $5(2—6)$.

Несоблюдение этого условия не только ухудшает характеристики, даже по сравнению с простыми обмотками, но и может привести к тому, что электродвигатель не будет работать.

С «синусными» обмотками однофазные электродвигатели выпускают конденсаторными при равном числе пазов для обеих обмоток, а при соотношении пазов 2/3 — для рабочей и 1/3 — для пусковой могут выпускаться без конденсаторов или бифилярных витков. В последнем случае после запуска электродвигателя пусковая обмотка отключается.

Специальные обмотки приведены на рис. 13, 14 (схемы а, б)

3. РАСЧЕТ ЧИСЛА ПРОВОДНИКОВ, СЕЧЕНИЯ ПРОВОДА И МОЩНОСТИ В ОБМОТКАХ, КОТОРЫЕ ЗАНИМАЮТ ЧИСЛО ПАЗОВ В СТАТОРЕ 2/3 ДЛЯ РАБОЧЕЙ И 1/3 ДЛЯ ПУСКОВОЙ

При одинаковом напряжении теоретически общее число витков в фазе трехфазного электродвигателя равно числу витков в рабочей обмотке однофазного электродвигателя.

В однофазном электродвигателе фазная зона основной обмотки имеет 120 градусов, а это требует увеличения витков в фазе на 15 процентов и за счет пульсирующего поля увеличивается скольжение ротора приблизительно в два раза в сравнении с трехфазным электродвигателем, что ведет к повышению тока холостого хода. Учитывая изложенное для однофазного электродвигателя, надо увеличить число витков в обмотках, или число проводников в пазу на 20—30 процентов, которые соответствуют коэффициенту замены обмотки в пределах $K_o = 1,2\text{-}1,3$.

Так как в однофазном электродвигателе рабочая обмотка имеет число пазов на полюс и фазу в два раза больше, чем в трехфазной обмотке, то предел коэффициента замены для рабочей обмотки (K_o) будет в два раза меньше.

$$K_o = \frac{1,2 \div 1,3}{2} = 0,6 \div 0,65$$

Большее значение предельной величины соответствует меньшей мощности электродвигателей.

Если электродвигатель работает в повторно кратковременном режиме, то принятый коэффициент замены обмотки можно уменьшить на 0,1.

Из вышеизложенного видно, что при определении числа проводников обмотки однофазного электродвигателя необходимо знать число проводников в пазу трехфазного электродвигателя, которые берутся из каталога обмоточных данных или пересчитываются при удалении сгоревшей обмотки.

Более распространенным стандартом напряжения сети является 220 и 380 В, поэтому в большинстве промышленностью выпускаются трехфазные трансформаторы и электродвигатели на напряжение 220/380 В, соединением выводов обмотки в треугольник и в звезду (△/Y), при этом фазное напряжение в обоих случаях составляет 220 В. В связи с этим однофазные электродвигатели также выпускаются с обмотками напряжением 220 В.

При такой взаимосвязи напряжений пересчет обмоточных данных с трехфазных электродвигателей на однофазные является простым.

Для рабочей обмотки число проводников в пазу оп ределяется:

$$N_р = K_о \cdot N \qquad (6)$$

Так как пусковая обмотка занимает число пазов в два раза меньше по сравнению с рабочей, то число проводников в пазу для нее будет в два раза больше, чем число проводников в пазу для рабочей обмотки:

$$N_п = Nр \cdot 2 \qquad (6а)$$

Сечение провода для рабочей ($S_р$) обмотки изменяется в обмоточный коэффициент замены обмотки:

$$S_р = \frac{S}{K_о} \qquad (7)$$

Пусковая обмотка используется только для запуска однофазного электродвигателя, поэтому должна иметь большое омическое сопротивление, а значит, порядка в 2 раза меньше сечения провода рабочей обмотки:

$$S_п = \frac{S_г}{2} \qquad [7а]$$

где $N_р$ и $S_р$; $N_п$ и $S_п$; N и S — число проводников в пазу и сечение провода: рабочей, пусковой и трехфазной обмоток.

С переходом с однослойной обмотки на двухслойную число проводников в пазу увеличивается в обмоточный коэффициент $K_у = 0{,}87$, а диаметр провода уменьшается на одну ступень.

При других напряжениях обмоток электродвигателей трехфазного или однофазного пересчет обмоточных данных производится по формулам (8) и (9).

Пересчет числа проводников в пазу статора рабочей обмотки

$$N_р = K_о \cdot N \cdot \frac{U_о}{U_ф} \qquad (8)$$

Пересчет сечения провода рабочей обмотки

$$S_р = \frac{S \cdot N}{N_р} \qquad (9)$$

где $U_ф$ — фазное напряжение обмотки трехфазного электродвигателя;

$U_о$ — напряжение обмотки однофазного электродвигателя. Мощность электродвигателя определяется по формуле:

$$P_о = U_о \cdot I_о \cdot \cos\varphi \cdot \eta \cdot 10^{-3} кВт \qquad (10)$$

где: $P_о$ — мощность однофазного электродвигателя в кВт;

$I_о$ — номинальная сила тока в амперах однофазного электродвигателя, которая определяется произведением сечения рабочей обмотки на плотность тока.

$$I_о = S_р \cdot j \qquad (11)$$

j — плотность тока в А/мм^2, $\cos\varphi \cdot \eta$ — коэффициенты мощности и полезного действия (произведение), принимаются по таблице для однофазных электродвигателей в зависимости от мощности (Р кВт) или расточки диаметра статора (D в см), трехфазного электродвигателя, переделываемого на однофазный.

Таблица

P кВт трехфазн.	D см	3000		1500		K_o
		j	cosφ · η	j	cosφ · η	
0,2—1	5—10	9,2—7,7	0,5	9—7,5	0,48	0,65
1,1—4	10—15	7,7—6,2	0,6	7,5—6	0,56	0,6

4. Пример пересчета обмоточных данных электродвигателя с трехфазного на однофазный

Электродвигатель трехфазного тока А42/4, P = 2,8 кВт, Z = 36, 2p = 4, 220/380 В, △/Y в заводском исполнении с однослойной обмоткой, диаметральным шагом У = 9(1-10), имеет в пазу проводников N = 36, сечение провода S = 1,13 мм², диаметром d = 1,2 мм.

Определяем необходимые параметры для однофазного электродвигателя.

4. 1. Обмотку принимаем однослойную: рабочая обмотка «вразвалку», пусковая обмотка с полными катушечными группами (рис. 9в), при этом $КГ_р = р = 2 =$ (4—развалка), $КГ_п = 2$.

4. 2. Число пазов на полюс и фазу обмоток

$$q_п = \frac{Z}{6p} = \frac{36}{6 \cdot 2} = \frac{36}{12} = 3 \text{ — полные КГ.}$$

$$q_р = \frac{Z}{3p} = \frac{36}{3 \cdot 2} = 6 = 3 + 3 \text{ «развалка»}$$

4.3. Шаг обеих обмоток равен диаметральному

$$У_р = У_п = \frac{Z}{2p} = \frac{36}{2 \cdot 2} = 9(1-10)$$

4.4. Число проводников в пазу для обмоток

$N_р = 36 \cdot 0,63 = 22,7 = 23$ проводника.

$N_п = N_р \cdot 2 = 23 \cdot 2 = 46$ проводников, из них бифилярных витков можно принять 20 процентов, $46 \cdot 0,20 = 9,2 = 10$ провдников.

4.5. Сечение провода обмоток

$$S_p = \frac{S}{K_o} = \frac{1,13}{0,63} = 1,8 \text{ мм}^2, \qquad d_p = 1,5 \text{ мм}$$

или $S_p = \frac{S \cdot N}{N_p} = \frac{1,13 \cdot 36}{23} = 1,75$ мм^2; принимаем $d_p = 1,5$ мм, которому соответствует сечение $S_p = 1,77$ mm^2.

Сечение пусковой обмотки в два раза меньше

$$S_n = \frac{S_p}{2} = \frac{1,77}{2} = 0,68 \text{ мм}^2, \ d_n = 1,06 \text{ мм}$$

4.6. Определение номинальной силы тока

По таблице принимаем плотность тока $j = 6,5$ А/мм^2

$$I_o = S_p \cdot j = 1,77 \cdot 6,5 = 11,5 \text{ А}$$

4.7. Определяем мощность однофазного электродвигателя

По таблице для трехфазного электродвигателя 2,8 кВт берем коэффициенты мощности ($\cos\varphi$) и полезного действия (η) произведение — 0,6.

$$P_o = U_o \cdot I_o \cdot \cos\varphi \cdot \eta \cdot 10^{-3} = 220 \cdot 11,5 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} = 1,5 \text{ кВт}$$

В разделах 6.1, 6.2, 6.3 приведены готовые обмоточные данные однофазных электродвигателей пересчитанных с трехфазных, серии А, АО, АЛ2 и 4А для $Z = 24$ на $2p = 2$ и для $Z = 24, 36$ на $2p = 4$, с однослойной обмоткой с бифиляром и двухслойной обмоткой с укороченным шагом $\beta = 0,67$ занимающих число пазов статора для рабочей — 2/3 и для пусковой — 1/3.

5. ЗАПУСК И РАБОТА ОДНОФАЗНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

ДЛЯ ЗАПУСКА И РАБОТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИМЕНЯЕТСЯ СПЕЦИАЛЬНЫЙ ОДНОФАЗНЫЙ КНОПОЧНЫЙ МЕХАНИЧЕСКИЙ ПУСКАТЕЛЬ ПНВ.

На (рис. 15) показано три положения пускателя ПНВ при включении рабочей «р» и пусковой «п» обмоток от электросети. При запуске электродвигателя нажимается кнопка «пуск», подается питание на рабочую и пусковую

обмотку (положение — а). Нажатой кнопку необходимо держать порядка 2-3 секунды, до разворота электродвигателя (до нормальных оборотов). После прекращения нажатия на кнопку «пуск» крайние контакты, питающие рабочую обмотку, остаются включенными, а средний — отходит на 2-3 мм и отключает пусковую обмотку (положение б). Для отключения электродвигателя от сети достаточно нажать на кнопку «стоп», при этом все контакты отключаются (положение в).

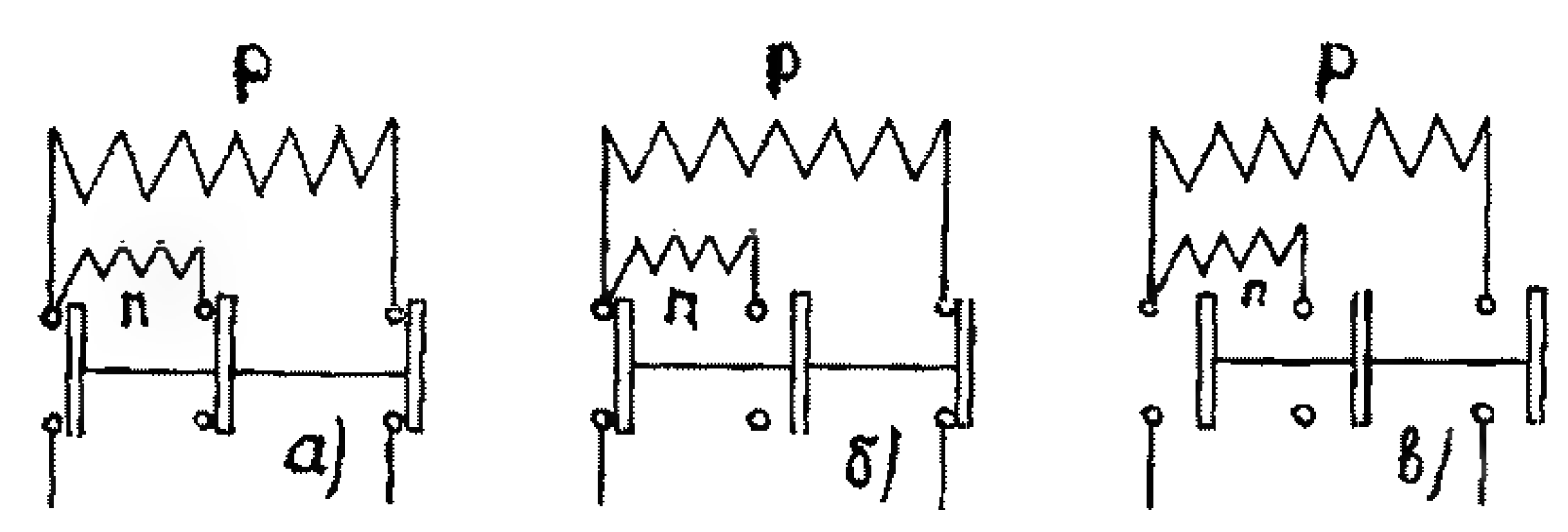


Рис.15. Схемы пускателя; а) пуск ; б) работа; в) отключено.

Если при включении кнопку «пуск» держать нажатой в течение продолжительного времени, то может сгореть пусковая обмотка, так как она рассчитана на кратковременную работу, т. е. для пуска. Если при нажатии кнопки «пуск» ротор электродвигателя не разворачивается за счет нагрузки или неисправности приводящего агрегата или электродвигателя, то необходимо немедленно его отключить, нажав кнопку «стоп».

Несмотря на то, что пусковая обмтка имеет увеличенное по сравнению с рабочей обмоткой активное сопротивление за счет сечения, все же с однослойной обмоткой электродвигатели запускаются труднее, особенно на 3000 об/мин. Для улучшения пуска электродвигателей необходимо увеличить сопротивление «беличьего колеса» ротора и воздушный зазор на 10-20 процентов, чтобы не было прилипания. Первое достигается обточкой торцевых частей, замыкающих колец, второе — шлифовкой ротора. Кроме того, пуск можно улучшить разрезанием нескольких стержней ротора, расположенных симметрично по окружности, путем высверливания. Но следует учитывать, что все эти мероприятия увеличивают скольжение электродвигателя.

Наличие скошенных пазов статора или ротора также улучшает запуск и работу электродвигателя.

Для создания лучших условий запуска и работы однофазного электродвигателя стараются применять двухслойную обмотку с укороченным шагом, равным 2/3 диаметрального.

Если для рабочей обмотки с фазной зоной 120 градусов это не требуется, то в пусковой обмотке с зоной 60 градусов и в обеих обмотках с зоной 90 градусов, такое укорочение

уничтожает третью гармонику, улучшая кривую поля. На практике известно, что при другой величине укороченного шага в двухслойной обмотке, в зависимости от типа электродвигателя и соотношения пазов статора и ротора можно не только не улучшить характеристики электродвигателя, но и получить их более худшими по сравнению с электродвигателем с простой однослойной обмоткой. Улучшение запуска однофазных электродвигателей достигается также при однослойной обмотке с бифилярными (обратными) витками в пусковой обмотке, порядка 20-25 процентов от общего числа (рис. 16).

На рис. 16а в секции намотано всего 6 витков, в том числе основных — 4 и обратных (бифилярных) — 2. Значит, эффективных витков будет 4-2 = 2.

При намотке пусковой обмотки на шаблоне в каждой секции отделяются обратные витки и перевязываются отдельно от секции. При снятии пусковой обмотки с шаблона бифилярные витки переворачиваются на 180 градусов и перевязываются вместе с каждой секцией. На каждой стороне секции образуется петля: одна изменяет направление витков, вторая является переходом в следующую секцию (рис. 16б) Соединение схемы или укладка целыми фазами обмотки производится так же как и без наличия бифилярных витков.

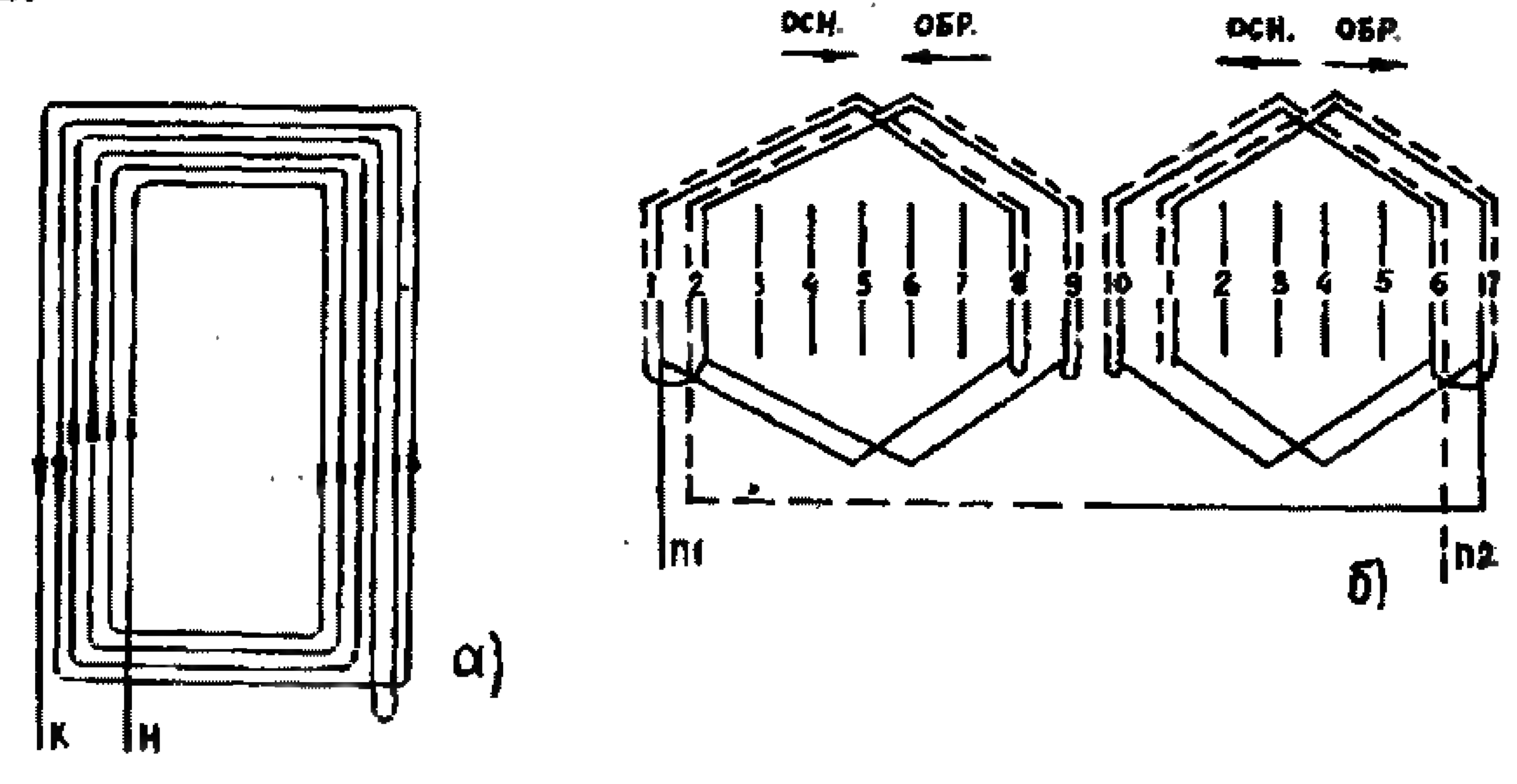


Рис.16. Схемы расположения бифилярных витков:
а) катушка с бифиляром; б) пусковая обмотка с бифиляром.

Наличие обратно намотанных витков, образующих встречные токи, уничтожают часть магнитного потока, способствует уменьшению реактивного сопротивления. В пусковой обмотке будет преобладать активный ток, тогда как в рабочей обмотке преобладающим будет реактивный ток. При однослойной обмотке с наличием бифилярных витков между токами пусковой и рабочей обмотки происходит сдвиг на определенный угол, поэтому магнитное вращающееся поле вместо пульсирующего будет эллиптическим.

Несмотря на принятие всевозможных мер, у однофазных электродвигателей запуск все равно затруднен и возможен только при небольшой нагрузке. Если двигатель находится на одном валу с агрегатом, то он должен быть без нагрузки, а если соединение с агрегатом ременное, то необходимо делать приспособление, ослабляющее натяжение ремня во время пуска. Чтобы производить запуск однофазного электродвигателя под нагрузкой, необходимо добиться в рабочей и пусковой обмотке сдвига токов во времени на 90 градусов, что позволит иметь круговое вращение магнитное поле. Для этого в пусковую обмотку необходимо включать конденсаторы. При наличии емкости ток в пусковой обмотке не отстает, а опережает ток в рабочей обмотке После запуска электродвигателя пусковую обмотку можно отключать или оставлять включенной.

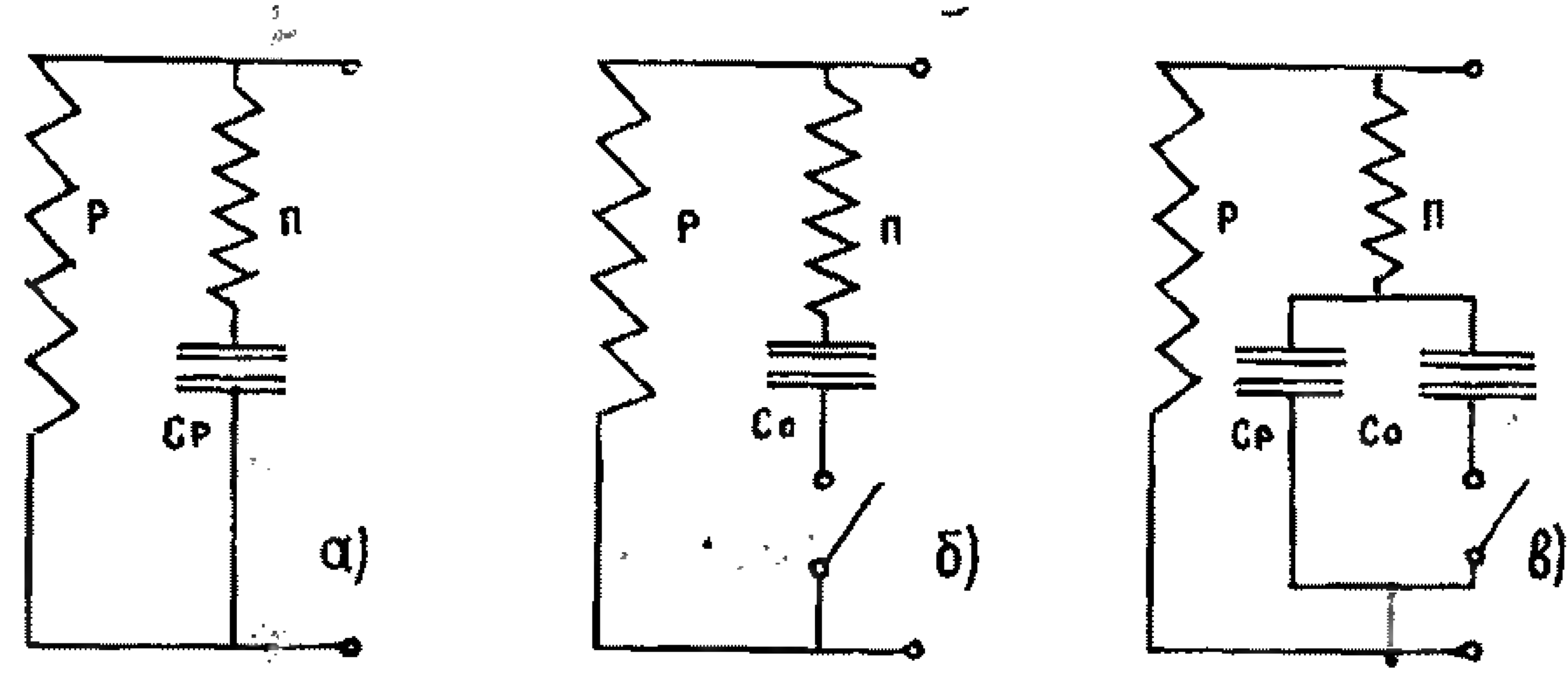


Рис.17. Схемы включения конденсаторов:
а) рабочих; б) пусковых, в) рабочих и пусковых.

На рис. 17 показано включение рабочей (р) и пусковой (п) обмоток с конденсаторами рабочими ($C_р$) и пусковыми ($C_о$). Рабочие конденсаторы одновременно являются пусковыми. Электродвигатели, у которых пусковая обмотка после запуска отключается называются однофазными электродвигателями с двухфазным запуском.

Хотя конденсаторные однофазные электродвигатели включаются в однофазную сеть, они могут работать от этой же сети как двухфазные с высокими коэффициентами мощности — 0,8—0,95 и полезного действия — 60—75 процентов. В этом случае пусковая обмотка как при запуске, так в работе электродвигателя должна быть во включенном состоянии (рис. 17а).

Для запуска и работы электродвигателя с рабочими конденсаторами не требуется специального пускателя, достаточно штепсельной вилки и розетки, Чтобы изменить направление вращения электродвигателя, достаточно поменять вывода одной из обмоток.

Если конденсаторы после запуска электродвигателя отключаются вместе с пусковой обмоткой, то они называются пусковыми (рис. 17б). Кроме этого, существует схема с наличием конденсаторов включенных между собой параллельно, одна часть которых отключается, вторая — остается включенной с пусковой обмоткой (рис. 17в).

В этом случае конденсаторы служат: первые — пусковыми (C_o), вторые — рабочими (C_p). Общая пусковая емкость $C_п = C_p + C_o$.

Емкость конденсаторов определяется по формулам:

рабочая емкость

при заданном напряжении микрофарад $C_p = 2200 \frac{P_o}{U_o^2}$ (12)

при напряжении 220 В, $C_p = 0{,}045 \cdot P_o$ микрофарад (12а)

пусковая емкость $C_п = 2{,}5 \cdot C_p$ микрофарад (13)

отключаемая емкость $C_o = C_п - C_p$ (14)

где: C_p — рабочая емкость в микрофарадах;

$C_п$ — пусковая емкость в микрофарадах; $C_п = C_p + C_o$ (14а)

C_o – отключаемая емкость после запуска электродвигателя в микрофадарах

P_o — мощность однофазного электродвигателя после перемотки из трехфазного в ваттах;

U_o — напряжение в вольтах

Из формул видно, что для запуска электродвигателя, в зависимости от нагрузки, требуется приблизительно в два с половиной раза большая емкость, чем для повышения его мощности.

Практически для однофазного электродвигателя при работе под нагрузкой можно принять пусковую емкость порядка 11 микрофарад, из них для повышения мощности электродвигателя, рабочей емкости необходимо около 4,5 микрофорад конденсаторов, которые постоянно включены, а отключаемая пусковая емкость составляет 6,5 микрофарад (разница между общей пусковой и рабочей емкостями) на кажые 100 Ватт мощности При запуске электродвигателя рабочая емкость выполняет роль также и пусковой, рассчитывается по формуле (14а).

$$C_п = C_p + C_o = 4{,}5 + 6{,}5 = 11 \text{ микрофарад}$$

Расчетным путем все же трудно добиться требуемой емкости для однофазного электродвигателя как для запуска под нагрузкой, так и для получения максимальной мощности. Только при правильном подборе емкости конденсаторов можно достичь нормального запуска и увеличения мощности однофазного электродвигателя, близкой к мощности трехфазного, обмотка которого перемотана на однофазный. Как при меньшей, так и при большей емкости могут быть ухудшены запуск и работа электродвигателя.

Подбор емкости производится следующим образом. Расчетом определив емкость, подбирают количество конденсаторов и включают их в пусковую обмотку. При пробном пуске электродвигателя, увеличивая или уменьшая число конденсаторов по сравнению с расчетным, добиваются нормального запуска электродвигателя.

Если электродвигатель имеет достаточную мощность для приводимого агрегата, то вся емкость пусковых конденсаторов после запуска электродвигателя отключается вместе с пусковой обмоткой. Если электродвигатель окажется маломощным, то конденсаторы разбиваются на две параллельные части, одна из них равна расчетной емкости рабочих конденсаторов, которые после запуска электродвигателя остаются включенными вместе с пусковой обмоткой, вторая часть емкости отключается специальным выключателем (рис. 17в).

В рабочую обмотку устанавливается амперметр и путем изменения количества рабочих конденсаторов, за счет отключаемых, добиваются оптимальной их величины, при которой обмотки создают круговое магнитное вращающееся поле, а значит достигается наибольшая мощность однофазного электродвигателя. При постоянной нагрузке электродвигателя оптимальная величина рабочей емкости будет при наименьшей силе тока на амперметре.

В конденсаторных электродвигателях можно заменить ротор на массивный, вытачив его из стали или чугуна (без пазов и обмотки). Такие электродвигатели имеют большой пусковой момент и скорость их можно регулировать в больших пределах реостатом в цепи рабочей обмотки, при этом электродвигатели работают устойчиво. Электродвигатели надежны и бесшумны вработе, но вследствие больших потерь в роторе и магнитного рассеяния имеют более низкий коэффициент мощности и полезного действия. По характеристикам эти двигатели соответствуют коллекторным или двигателям постоянного тока. В разделе 6.4, 6.5, приведены данные электродвигателей, выпускаемых нашими заводами В разделе 6.8 — данные для двигателей болгарского производства.

Несмотря на то, что однофазные электродвигатели с емкостью легко запускаются в ход, значительно улучшают коэффициент мощности и полезного действия, увеличивают мощность и работают более устойчиво, все же из-за громоздкости и дополнительных затрат приходится от конденсаторов отказываться. В этом случае для запуска электро-

двигателя обычно находят способы избавления от нагрузки в момент запуска, а для большой нагрузки подбирают более мощный трехфазный электродвигатель, обмотку которого перематывают на однофазный.

Помимо однофазных электродвигателей с рабочей и пусковой обмотками заводы-изготовители используют некоторые электродвигатели трехфазного тока серии А2 , 4А, АИР (малой мощности) для работы от однофазной сети 220 В за счет установки на корпусе специальных электролитических конденсаторов типа К50-19 пусковых отключаемых У(C_p), рабочих Т(C_p) или одновременно пускавых отключаемых и рабочих — УТ($C_п$) = У($C_о$) + Т($C_р$).

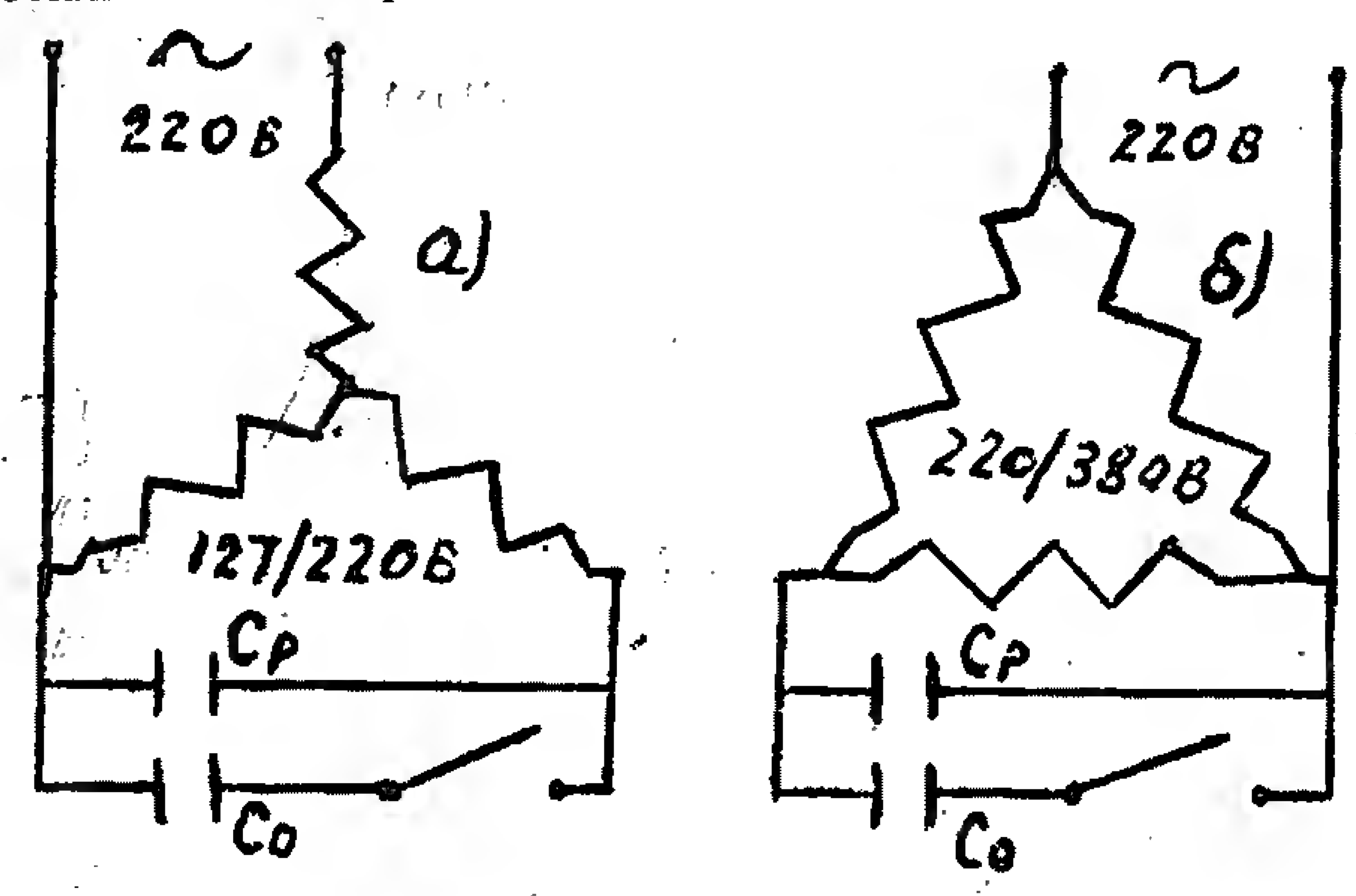


Рис.18. Схемы включения конденсаторов в обмотку трехфазных электродвигателей:
а) при напряжении 127/220 В
б) при напряжении 220/380 В.

Последний вариант позволяет не только производить запуск, ио и добиться повышения мощности электродвигателя близкой к работе его от трехфазной сети. Например, электродвигателям трехфазного тока встроены конденсаторы:

АИРЗУТ 71А-2, 0,55 кВт, емкостью У = 200 и Т = 37 мкф.
АИРЗУТ 71В-2, 0,75 кВт, — У = 250 и Т = 55 мкф
АИРЗУТ 71А-4, 0,37 кВт, — У = 120 и Т = 30 мкф
АИРЗУТ 71В-4, 0,55 кВт, — У = 140 и Т = 45 мкф

откуда видно, что пусковые отключаемые конденсаторы емкостью больше рабочих приблизительно в 5 раз для $2p=2$ и в — 3,5 раза для $2p=4$.

Следовательно, любой маломощный трехфазный электродвигатель 127/220В необходимо соединять в звезду (Y), рис. 18а и 220/380В — в треугольник (△), рис. 18б, при этом конденсаторы включают между двумя любыми выводами, а питание подается на свободный вывод и к любому выводу с конденсаторами в зависимости от направления вращения ротора.

6. ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ ОДНОФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 220 В, ПЕРЕСЧИТАННЫХ С ТРЕХФАЗНЫХ 220/380 В СЕРИИ А(АО), АО2, 4А И ЗАВОДСКОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕРИИ АОЛБ, АОЛГ, АОЛД, АЕВ, БЫТОВЫХ НУЖД, АИРУТ И БОЛГАРСКОГО ПРОИЗВОДСТВА.

6.1. Данные однофазных электродвигателей 220 В,

трехфазные					однофаз.		рабочая		
Тип	РкВт	Z	D	l	РкВт	2р	Z	N	d
А, АО31-2	1	24	82	64	0,5	2	16	46	0,8
А,АО32-2	1,7	24	82	100	0,9	2	16	30	1
А41-2	2,8	24	104	75	1,4	2	16	29	1,4
АО42-2	2,8	24	104	115	1,4	2	16	23	1,5
А,АО31-2	1	24	82	64	0,5	2	16	27+27	0,75
А,АО32-2	1,7	24	82	100	0,9	2	16	17+17	0,95
А41-2	2,8	24	104	75	1,4	2	16	16+16	1,32
АО42-2	2,8	24	104	115	1,4	2	16	14+14	1.4
А,АО32-4	1	24	89	100	0,5	4	16	52	0,9
А,АО41-4	1,7	36	112	75	0,9	4	24	33	1,18
А,АО42-2	2,8	36	112	115	1,4	4	24	23	1,5
А,АО32-4	1	24	89	100	0,5	4	16	30+30	0,95
А,АО41-4	1,7	36	112	75	0,9	4	24	19+19	1,12
А,АО42-4	2,8	36	112	115	1,4	4	24	13+13	1,4

6.2. Данные однофазных электродвигателей 220 В

трехфазные					однофаз.		рабочая		
тип	РкВт	Z	D	l	РкВт	2р	Z	N	d
АО2-12-2	1,1	24	73	65	0,6	2	16	50	0,9
АО2-21-2	1,5	24	86	63	0,8	2	16	43	1,06
АО2-22-2	2,2	24	86	90	1,1	2	16	34	1,18
АО2-31-2	3	24	106	88	1,6	2	16	28	1,4
АО2-32-2	4	24	106	115	2,1	2	16	24	1,7
АО2-12-2	1,1	24	73	65	0,6	2	16	28+28	0,8
АО2-21-2	1,5	24	86	63	0,8	2	16	25+25	1
АО2-22-2	2,2	24	86	90	1,1	2	16	20+20	1,12
АО2-31-2	3	24	106	88	1,6	2	16	16+16	1,32
АО-32-2	4	24	106	115	2,1	2	16	14+14	1,6
АО2-21-2	1,5	24	86	63	0,4	4	16	86	0,75
АО2-22-2	2,2	24	86	90	0,6	4	16	68	0,85

пересчитанных с трехфазных 220/380 В, серии А(АО)

обмотка			пусковая			обмотка				
q	У	КГ	Z	Nосн.	Nобр.	d	q	У	КГ	Рис.
4+4	8	2	8	70	22	0,56	2+2	10	2	5а
4+4	8	2	8	44	16	0,71	2+2	10	2	5а
4+4	8	2	8	43	15	1	2+2	10	2	5а
4+4	8	2	8	35	11	1,06	2+2	10	2	5а
8	8	2	8	54+54	—	0,53	4	8	2	1б
8	8	2	8	34+34	—	0,67	4	8	2	1б
8	8	2	8	32+32	—	0,95	4	8	2	1б
8	8	2	8	28+28	—	1	4	8	2	1б
2+2	6	4	8	78	26	0,63	2	6	2	8в
3+3	6	4	12	50	16	0,85	3	9	2	9б
3+3	6	4	12	36	10	1,06	3	9	2	9б
4	4	4	8	60+60	—	0,6	2	4	4	2а
6	6	4	12	38+38	—	0,8	3	6	4	2б
6	6	4	12	26+26	—	1	3	6	4	2б

пересчитанных с трехфазных 220/380 В, серии АО2

обмотка			пусковая			обмотка				
q	У	КГ	Z	Nосн.	Nобр.	d	q	У	КГ	Рис.
4+4	8	2	8	76	24	0,63	2+2	10	2	5а
4+4	8	2	8	64	22	0,75	2+2	10	2	5а
4+4	8	2	8	52	18	0,85	18	10	2	5а
4+4	8	2	8	41	15	1	2+2	10	2	5а
4+4	8	2	8	36	12	1,18	2+2	10	2	5а
8	8	2	8	56+56	—	0,6	4	8	2	1б
8	8	2	8	48+48	—	0,71	4	8	2	1б
8	8	2	8	40+40	—	0,8	4	8	2	1б
8	5	2	8	34+34	—	0,95	4	8	2	1б
8	8	2	8	28+28	—	1,12	4	8	2	1б
2+2	6	4	8	120	60	0,53	2	6	2	8в
2+2	6	4	8	94	42	0,6	2	6	2	8в

трехфазные					однофаз.		рабочая		
тип	РкВт	Z	D	l	РкВт	2р	Z	N	d
АО2-31-2	3	24	106	88	0,8	4	16	56	0,95
АО2-32-2	4	24	100	115	1,1	4	16	48	1,18
АО2-21-2	1,5	24	86	63	0,4	4	16	50+50	0,71
АО2-22-2	2,2	24	86	90	0,6	4	16	40+40	0,8
АО2-31-2	3	24	106	88	0,8	4	16	33+33	0,9
АО2-32-2	4	24	106	115	1,1	4	16	28+28	1,12
АО2-21-4	1,1	24	94	70	0,6	4	16	56	0,9
АО2-22-4	1,5	24	94	95	0,8	4	16	46	1,06
АО2-31-4	2,2	36	112	88	1,1	4	24	26	1,32
АО2-32-4	3	36	112	115	1,6	4	24	21	1,6
АО2-41-4	4	36	133	110	2,2	4	24	21	1,8
АО2-21-4	1,1	24	94	70	0,6	4	16	34+34	0,85
АО2-22-4	1,5	24	94	95	0,8	4	16	26+26	1
АО2-31-4	2,2	36	112	88	1,1	4	24	15+15	1,25
АО2-32-4	3	36	112	115	1,6	4	24	12+12	1,5
АО2-41-4	4	36	133	110	2,2	4	24	11+11	1,7

6.3. Данные однофазных электродвигателей — 220 В,

трехфазные					1 фазные		рабочая		
тип	Р кВт	Z	D	l	Р кВт	2р	Z	N	d
71В-2	1,1	24	65	74	0,6	2	16	47	0,75
80А-2	1,5	24	74	78	0,8	2	16	40	1
80В-2	2,2	24	74	98	1,1	2	16	30	1,18
90L-2	3	24	84	100	1,6	2	16	27	1,32
100S-2	4	24	95	100	2	2	16	23	1,6
71В-2	1,1	24	65	74	0,6	2	16	27+27	0,71
80А-2	1,5	24	74	78	0,8	2	16	22+22	0,95
80В-2	2,2	24	74	98	1,2	2	16	17+17	1,12
90L-2	3	24	84	100	1,6	2	16	16+16	1,25
100S-2	4	24	95	100	2	2	16	14+14	1,5

обмотка			пусковая			обмотка					
q	У	КГ	Z	Nосн.	Nобр.	d	q	У	КГ	Рис.
2+2	6	4	8	77	35	0,67	2	6	2	8в
2+2	6	4	8	70	26	0,85	2	6	2	8в
4	4	4	8	100+100	—	0,5	2	4	4	2а
4	4	4	8	80+80	—	0,56	2	4	4	2а
4	4	4	8	66+66	—	0,63	2	4	4	2а
4	4	4	8	56+56	—	0,8	2	4	4	2а
2+2	6	4	8	82	30	0,63	2	6	2	8в
2+2	6	4	8	70	22	0,75	2	6	2	8в
3+3	6	4	12	36	15	0,9	3	9	2	9б
3+3	6	4	12	30	12	1,12	3	9	2	9б
3+3	6	4	12	30	12	1,25	3	9	2	9б
4	4	4	8	68+68	—	0,6	2	4	4	2а
4	4	4	8	52+52	—	0,71	2	4	4	2а
6	6	4	12	30+30	—	0,85	3	6	4	2б
6	6	4	12	24+24	—	1,06	3	6	4	2б
6	6	4	12	22+22	—	1,18	3	6	4	2б

пересчитанных с трехфазных 220/380 В, серии 4А.

обмотка			пусковая			обмотка				
q	У	КГ	Z	Nосн.	Nобр.	d	q	У	КГ	Рис.
4+4	8	2	8	66	28	53	2+2	10	2	5а
4+4	8	2	8	58	22	0,71	2+2	10	2	5а
4+4	8	2	8	44	16	0,8	2+2	10	2	5а
4+4	8	2	8	42	12	0,9	2+2	10	2	5а
4+4	8	2	8	35	11	1,18	2+2	10	2	5а
8	8	2	8	54+54	—	0,5	4	8	2	1б
8	8	2	8	42+42	—	0,67	4	8	2	1б
8	8	2	8	34+34	—	0,75	4	8	2	1б
8	8	2	8	32+32	—	0,85	4	8	2	1б
8	8	2	8	28+28	—	1,12	4	8	2	1б

6.3. Продолжение

трехфазные					однофаз.		рабочая		
тип	PкВт	Z	D	l	PкВт	2p	Z	N	d
80A-2	1,5	24	74	78	0,4	4	16	78	0,71
80B-2	2,2	24	74	98	0,6	4	16	60	0,8
90L-2	3	24	84	100	0,8	4	16	54	0,95
100S-2	4	24	95	100	1,1	4	16	46	1,18
80A-2	1,5	24	74	78	0,4	4	16	43+43	0,67
80B-2	2,2	24	74	98	0,6	4	16	35+35	0,8
90L-2	3	24	84	100	0,8	4	16	32+32	0,9
100S-2	4	24	95	100	1,1	4	16	27+27	1,12
80A-4	1,1	36	84	78	0,6	4	24	39	0,8
80B-4	1,5	36	84	98	0,8	4	24	32	1
90L-4	2,2	36	95	100	1,1	4	24	26	1,18
100S-4	3	36	105	100	1,5	4	24	22	1,4
100L-4	4	36	105	130	2	4	24	18	1,6
80A-4	1,1	36	84	78	0,6	4	24	22+22	0,71
80S-4	1,5	36	84	98	0,8	4	24	18+18	0,95
90L-4	2,2	36	95	100	1,1	4	24	14+14	1,12
100S-4	3	36	105	100	1,5	4	24	12+12	1,32
100L-4	4	36	105	130	2	4	24	11+11	1,5

6.4. Данные однофазных электродвигателей серии

Тип	P Ватт	Io	D	l	Z	рабочая				
						Z	N	d	q	У
Б-011-2	30	0,85	52	38	18	12	200	0,3	3+3	6
Г-011-2	30	0,49	52	38	18	12	200	0,3	3+3	6
Д-011-2	50	0,48	52	38	18	8	260	0,25	2+2	6
Б-011-4	18	0,55	52	38	18	12	140+140	0,25	3	3
Г-011-4	18	0,55	52	38	18	12	140+140	0,25	3	3
Д-011-4	30	0,47	52	38	18	8	436	0,25	1+1	3
Б-012-2	50	0,68	52	52	18	12	150	0,33	3+3	6
Г-012-2	50	0,68	52	52	18	12	150	0,33	3+3	6

6.3. Продолжение

обмотка			пусковая	обмотка						
q	У	КГ	Z	$N_{осн.}$	$N_{обр.}$	d	q	У	КГ	Рис.
2+2	4	4	8	110	48	0,5	2	6	2	8в
2+2	4	4	8	84	36	0,56	2	6	2	8в
2+2	4	4	8	80	30	0,67	2	6	2	8в
2+2	4	4	8	60	29	0,85	2	6	2	8в
4	4	4	8	86+86	—	0,5	2	4	4	2а
4	4	4	8	68+68	—	0,6	2	4	4	2а
4	4	4	8	62+62	—	0,67	2	4	4	2а
4	4	4	8	54+54	—	0,8	2	4	4	2а
3+3	9	4	12	58	20	0,53	3	9	2	9в
3+3	9	4	12	49	15	0,71	3	9	2	9в
3+3	9	4	12	40	12	0,85	3	9	2	9в
3+3	9	4	12	34	10	0,95	3	9	2	9в
3+3	9	4	12	26	9	1,18	3	9	2	9в
6	6	4	12	44+44	—	0,5	3	6	4	2б
6	6	4	12	36+36	—	0,67	3	6	4	2б
6	6	4	12	28+28	—	0,8	3	6	4	2б
6	6	4	12	22+22	—	0,9	3	6	4	2б
6	6	4	12	20+20	—	1,12	3	6	4	2б

АОЛБ, АОЛГ, АОЛД, напряжением 220 В.

	пусковая									
КГ	Z	$N_{осн.}$	$N_{обр.}$	d	q	У	КГ	$C_п$	$C_р$	Рис.
2	6	166	55	0,28	1+2	7 и 8	2	—	—	4а
2	6	412	—	0,19	1+2	7 и 8	2	10	—	4а
2	8	300	—	0,23	2+2	7	2	8	3	10а
4	6	89+89	34+34	0,25	1 и 2	3	4	—	—	—
4	6	232+232	—	0,17	1 и 2	3	4	7	—	—
4	8	466	—	0,19	1+1	3	4	5	2,5	—
2	6	124	41	0,3	1+2	7 и 8	2	—	-	4а
2	6	314	—	0,21	1+2	7 и 8	2	5	—	4а

Тип	P Ватт	I_0	D	l	Z	рабочая				
						Z	N	d	q	У
Д-012-2	80	0,68	52	52	18	8	190	[illegible]	2+2	6
Б-012-4	30	0,72	52	52	18	12	102+102	0,28	3	3
Г-012-4	30	0,72	52	52	18	12	102+102	0,28	3	3
Д-012-4	50	0,65	52	52	18	8	260	0,25	1+1	3
Б-11-2	80	1	60	46	24	16	104	0,45	4+4	8
Г-11-2	80	1	60	46	24	16	104	0,45	4+4	8
Д-11-2	120	0,9	60	46	24	12	125	0,37	3+3	9
Б-11-4	50	1,1	60	46	24	16	145	0,35	2+2	6
Г-11-4	50	1,1	60	46	24	16	145	0,35	2+2	6
Д-11-4	80	0,95	60	46	24	12	164	0,35	3	9
Б-12-2	120	1,4	60	62	24	16	80	0,5	4+4	8
Г-12-2	120	1,4	60	62	24	16	80	0,53	4+4	8
Д-12-2	180	1,3	60	62	24	12	98	0,45	3+3	9
Б-12-4	80	1,45	60	62	24	16	113	0,42	2+2	6
Г-12-4	80	1,45	60	62	24	16	113	0,42	2+2	6
Д-12-4	120	1,3	60	62	24	12	125	0,4	3	9
Б-21-2	180	1,9	72	56	24	16	71	0,6	4+4	8
Г-21-2	180	1,9	72	56	24	16	71	0,6	4+4	8
Д-21-2	270	1,85	72	56	24	12	79	0,56	3+3	9
Б-21-4	120	1,9	72	56	24	16	95	0,5	2+2	6
Г-21-4	120	1,9	72	56	24	16	95	0,5	2+2	6
Д-21-4	180	1,75	72	56	24	12	105	0,47	3	9
Б-22-2	270	2,7	72	76	24	16	51	0,75	4+4	8
Г-22-2	270	2,7	72	76	24	16	51	0,75	4+4	8
Д-22-2	400	2,65	72	76	24	12	59	0,67	3+3	9
Б-22-4	180	2,5	72	76	24	16	72	0,6	2+2	6
Г-22-4	180	2,5	72	76	24	16	72	0,6	2+2	6
Д-22-4	270	2,4	72	76	24	12	76	0,56	3	9
Б-31-2	400	3,8	82	64	24	16	46	0,9	4+4	8
Г-31-2	400	3,8	82	64	24	16	46	0,9	4+4	8
Д-31-2	600	3,8	82	64	24	12	50	0,85	3+3	9
Б-31-4	270	3,3	89	64	24	16	70	0,8	2+2	6

6.4. Продолжение

КГ	пусковая									Рис.
	Z	Nосн.	Nобр.	d	q	У	КГ	Сп	Ср	
2	8	205	—	0,28	2+2	7	2	10	5	10а
4	6	74+74	28+28	0,28	1 и 2	3	4	—	—	—
4	6	184+184	—	0,28	1 и 2	3	4	8	—	—
2	8	382	—	0,2	1+1	3	2	4	3	—
2	8	120	47	0,35	2+2	10	2	—	—	5а
2	8	228	—	0,3	2+2	10	2	25	—	5а
2	12	136	—	0,35	3+3	9	2	10	6	12а
4	8	114	21	0,35	2	6	2	—	—	8в
4	8	268	—	0,28	2	6	2	20	—	8в
2	12	283	—	0,25	3	9	2	6	3	13б
2	8	84	32	0,4	2+2	10	2	—	—	5а
2	8	177	—	0,35	2+2	10	2	25	—	5а
2	12	89	—	0,47	3+3	9	2	15	10	12а
4	8	98	16	0,42	2	6	2	—	—	8в
4	8	235	—	0,3	2	6	2	25	—	8в
2	12	218	—	0,3	3	9	2	6	4	13б
2	8	94	30	0,4	2+2	10	2	—	—	5а
2	8	161	—	0,35	2+2	10	2	30	—	5а
2	12	72	—	0,6	3+3	9	2	25	15	12а
4	8	98	18	0,45	2	6	2	—	—	8в
4	8	197	—	0,35	2	6	2	35	—	8в
2	12	170	—	0,35	3	9	2	10	6	12а
2	8	60	26	53	2+2	10	2	—	—	5а
2	8	149	—	0,38	2+2	10	2	35	—	5а
2	12	51	—	0,75	3+3	9	2	40	25	12а
4	8	84	16	0,47	2	6	2	—	—	8в
4	8	168	—	0,35	2	6	2	40	—	8в
2	12	127	—	0,42	3	6	2	12	8	13б
2	8	59	23	0,65	2+2	10	2	—	—	5а
2	8	110	—	0,53	2+2	10	2	80	—	5а
2	12	46	—	0,9	3+3	9	2	90	35	12а
4	8	92	18	0,6	2	6	2	—	—	8в

Тип	P Ватт	I_0	D	l	Z	Рабочая				
						Z	N	d	q	У
Г-31-4	270	3,3	89	64	24	16	70	0,8	2+2	6
Д-31-4	400	3,3	89	64	24	12	73	0,75	3	9
Б-32-2	600	5,5	82	100	24	16	32	1,12	4+4	8
Г-32-2	600	5,5	82	100	24	16	32	1,12	4+4	8
Д-32-2	1000	6	82	100	24	12	32	1,12	3+3	9
Б-32-4	400	4,4	89	100	24	16	49	0,95	2+2	6
Г-32-4	400	4,4	89	100	24	16	49	0,95	2+2	6
Д-32-4	600	4,45	89	100	24	12	51	0,95	3	9

6.5. Данные однофазных электродвигателей серии АЕВ

Тип	P Ватт	I_0	Z	рабочая			
				Z	N	d	q
041-2	18	0,23	18	9	177+177	0,21	4 и 5
042-2	30	0,28	18	9	148+148	0,23	4 и 5
041-4	10	0,16	18	10	400+400	0,17	3 и 2
042-4	18	0,24	18	10	245+245	0,23	3 и 2
051-2	50	0,43	18	9	140+140	0,29	4 и 5
052-2	80	0,66	18	9	98+98	0,33	4 и 5
051-4	30	0,37	18	10	221+221	0,27	3 и 2
052-4	50	0,51	18	10	154+154	0,33	3 и 2
061-2	120	0,85	24	12	63+63	0,41	6
062-2	180	0,27	24	12	43+43	0,51	6
061-4	80	0,63	24	12	97+97	0,41	3
062-4	120	0,93	24	12	72+72	0,5	3
071-2	270	1,85	24	12	36+36	0,63	6
072-2	400	2,66	24	12	29+29	0,71	6
071-4	180	1,35	24	12	64+64	0,53	3
072-4	270	2	24	12	46+46	0,65	3

	пусковая									
КГ	Z	Nосн.	Nобр.	d	q	У	КГ	Сп	Ср	Рис.
4	8	92	18	0,6	2	6	2	60	—	8в
2	12	110	—	0,6	3	9	2	25	12	13б
2	8	68	22	0,6	2+2	10	2	—	—	5а
2	8	97	—	0,56	2+2	10	2	90	—	5а
2	12	32	—	1,08	3+3	9	2	125	45	12а
4	8	72	25	0,56	2	6	2	—	—	8в
4	8	139	—	0,53	2	6	2	70	—	8в
2	12	64	—	0,8	3	9	2	90	32	13б

(конденсаторный, с двухслойной обмоткой) 220 В

		пусковая						
У	КГ	Z	N	d	q	У	КГ	Рис.
7	2	9	328+328	0,16	5 и 4	7	2	—
7	2	9	215+215	0,2	5 и 4	7	2	—
4	4	8	400+400	0,17	2	4	4	—
4	4	8	368+368	0,19	2	4	4	—
7	2	9	154+154	0,27	5 и 4	7	2	—
7	2	9	98+98	0,33	5 и 4	7	2	—
4	4	8	332+332	0,21	2	4	4	—
4	4	8	207+207	0,27	2	4	4	—
9	2	12	63+63	0,41	6	9	2	—
9	2	12	52+52	0,44	8	9	2	—
5	4	12	155+155	0,31	3	5	4	—
5	4	12	111+111	0,38	3	5	4	—
9	2	12	64+64	0,47	6	9	2	—
9	2	12	50+50	0,53	6	9	2	—
5	4	12	98+98	0,41	3	5	4	—
5	4	12	85+85	0,47	3	5	4	—

6.6. Данные однофазных электродвигателей для бытовых

Тип	P Ватт	I_0	Z	рабочая Z	№ в секциях	d	q
ДХМ2-2	150	1,05	16	8	154-143-108	0,6	3
ДХМ5-4	155	1,26	32	16	80-107-123	0,71	3
ДАО, ДАОГ	300	2,1	32	16	23-49-52	0,67	3
ДАОА-4	300	2,1	32	16	40-84-90	0,8	3
ДАО СТУ-102	150		32	18	85-107-117	0,63	3
АЕВ-071-4	280	1,4	24	12	64+64	0,53	3
АЕВ-072-4	300	2,1	24	12	44+44	0,63	3
АОЛБ-22-4	350	2,5	24	16	90	0,6	
АОЛГ-22-4	500	3,5	24	16	64	0,71	2
АОЛБ-22-4	340	2,5	24	16	72	0,71	
СМ7-4	500	3,9			128	0,85	
МСМ-02-4	280	1,7			2064	0,71	
МА21-4	380	2,9			165	0,85	
ДЦСМ1-2	200	2,1	24	12	105-105-45-45	0,67	4
АОЛГ-22-4	500	3,5	24	16	64	0,71	2
АНЛБ2-12-2	600	3,6			51	0,85	
АЕР-16-4	180	2,2	24	16	40-81-90	0,67	3

нужд, напряжением 220 В

		пусковая						
У	КГ	Z	N в секциях	d	q	У	КГ	Рис.
7,5,3	2	8	98-91-65	0,28	3	7,5,3	2	—
7,5,3	4	16	35-69-69	0,3	3	7,5,3	4	14а
7,5,3	4	16	24-53-57	0,33	3	7,5,3	4	14а
7,5,3	4	16	22-48-52	0,45	3	7,5,3	4	14а
7,5,3	4	14	78-81-86	0,4	2	7,5,3	4	14б
5	4	12	125+125	0,4	3	5	4	
5	4	12	78+78	0,5	3	5	4	
5,3	8	8	70	0,35		5	4	
5,3	4	8	159	0,42	1	5	4	8а
	8	8	100	0,45			4	
	4							
			792	0,45				
	4		115	0,45			4	
11,9;7,5	2	12	125-125-73-73	0,63	4	11,9;7,5	2	
5,3	4	8	159	0,42	1	5	4	
7,5	8		78-28	0,6		11,9	4	
7,5,3	4	16	24-53-57	0,33	3	7,5,3	4	

6.7. Данные однофазных электродигателей серии АИР,

Тип	P кВт	Z	D	l	η	cosφ	рабочая		
							Z	N	d
АИРУТ-71А-2	0,75	24	63	68	0,75	0,98	12	50	0,75
АИРУТ-71В-2	1,1	24	63	79	0,76	0,98	12	44	0,8
АИРУТ-71А-4	0,55	36	70	62	0,73	0,96	20	57	0,63
АИРУТ-71В-4	0,75	36	70	78	0,73	0,97	20	41	0,75

напряжением 220 В (конденсаторные)

				пусковая							
q	У	КГ	Z	N	d	q	У	КГ	$C_п$	$C_р$	Рис.
3+3	9	2	12	50	0,75	3+3	9	2	80	33	12а
3+3	9	2	12	44	0,8	3+3	9	2	175	45	12а
2 и 3	6 и 7	4	16	73	0,56	2+2	7	4	103	27	11в
2 и 3	6 и 7	4	16	48	0,71	2+2	7	4	113	37	11в

6.8. Данные однофазных электродвигателей серии ЕО1,

Тип	P Ватт	I_0	D	l_0	Z	рабоча Z	N	d	q
ЕО1-11-2	180	2	66	40	24	16	84	0,71	4+4
ЕО1-12-2	250	2,5	66	50	24	16	68	0,75	4+4
ЕО1-13-2	400	3,9	66	65	24	16	53	0,85	4+4
ЕО1-11-4	120	1,9	72	40	36	24	90	0,6	3+3
ЕО1-12-4	180	2,5	72	50	36	24	68	0,67	3+3
ЕО1-13-4	250	2,9	72	65	36	24	54	0,8	3+3
ЕОК1-11-2	180	2	66	40	24	16	84	0,71	4+4
ЕОК1-12-2	250	2,5	66	50	24	16	68	0,75	4+4
ЕОК1-13-2	400	3,5	66	65	24	16	53	0,85	4+4
ЕОК1-21-2	600	4,9	82	65	24	16	44	1	4+4
ЕОК1-22-2	800	6,3	82	75	24	16	38	1,08	4+4
ЕОК1-11-4	120	1,9	72	40	36	24	90	0,63	3+3
ЕОК1-12-4	180	2,5	72	50	36	24	68	0,71	3+3
ЕОК1-13-4	250	2,9	72	65	36	24	54	0,85	3+3
ЕОК1-21-4	400	4	89	65	36	24	45	0,85	3+3
ЕОК1-22-4	600	5,6	89	80	36	24	32	0,95	3+3
ЕО2-ПК-11-2	600	4,7	69	85	24	16	37	0,85	4+4
ЕО2ПК-12-2	800	6,1	69	105	24	16	30	0,95	4+4
ЕОПК-80а-2	250	2,6	69	50	24	16	63	0,67	4+4
ЕОПК-80в-2	370	3,7	69	65	24	16	48	0,75	4+4
ЕОПК-80с-2	550	5,1	69	85	24	16	37	0,85	4+4
ЕО2ПК-11-4	400	4,3	76	85	36	24	36	0,75	3+3
ЕО2ПК-12-4	600	5,5	76	105	36	24	30	0,85	3+3
ЕОПК-80а-4	180	2,6	76	45	36	24	61	0,56	3+3
ЕОПК-80в-4	250	3,4	76	60	36	24	47	0,63	3+3
ЕОПК-80с-4	370	4,6	76	80	36	24	38	0,71	3+3
4ЕОКА-71А-2	250	2,5	62	40	24	16	67	0,63	4+4
4ЕОКА-71В-2	370	3,5	62	55	24	16	50	0,71	4+4
4ЕОКА-71С-2	550	4,6	62	75	24	16	38	0,85	4+4
4ЕОКА-80В-2	1100	5,6	69	75	24	16	38	0,71	4+4

напряжением 220 В Болгарского завода Троян

(обмотка концентрическая «Вразвалку)

		пусковая								
У	КГ	Z	Nосн.	Nобр.	d	q	У	КГ	Сп	Рис.
8	2	8	108	31	0,5	2+2	10	2	—	5а
8	2	8	96	29	0,5	2+2	10	2	—	5а
8	2	8	69	21	0,6	2+2	10	2	—	5а
6	4	12	108	32	0,4	1+2	7 и 8	4	—	9а
6	4	12	82	22	0,45	1+2	7 и 8	4	—	9а
6	4	12	66	22	0,53	1+2	7 и 8	4	—	9а
8	2	8	174	—	0,45	2+2	10	2	40	5а
8	2	8	137	—	0,53	2+2	10	2	60	5а
8	2	8	106	—	0,6	2+2	10	2	60	5а
8	2	8	94	—	0,63	2+2	10	2	125	5а
8	2	8	84	—	0,67	2+2	10	2	125	5а
6	4	12	148	—	0,4	1+2	7 и 8	4	40	9а
6	4	12	124	—	0,5	1+2	7 и 8	4	60	9а
6	4	12	100	—	0,53	1+2	7 и 8	4	60	9а
6	4	12	90	—	0,53	1+2	7 и 8	4	100	9а
6	4	12	64	—	0,63	1+2	7 и 8	4	125	9а
8	2	8	68	—	0,63	2+2	10	2	125	5а
8	2	8	59	—	0,75	2+2	10	2	150	5а
8	2	8	116	—	0,47	2+2	10	2	60	5а
8	2	8	89	—	0,56	2+2	10	2	60	5а
8	2	8	68	—	0,63	2+2	10	2	2	5а
6	4	12	74	—	0,47	1+2	7 и 8	4	100	9а
6	4	12	60	—	0,56	1+2	7 и 8	4	125	9а
6	4	12	118	—	0,37	1+2	7 и 8	4	52	9а
6	4	12	91	—	0,42	1+2	7 и 8	4	60	9а
6	4	12	74	—	0,47	1+2	7 и 8	4	76	9а
8	2	8	144	—	0,4	2+2	10	2	60	5а
8	2	8	125	—	0,45	2+2	10	2	60	5а
8	2	8	100	—	0,5	2+2	10	2	100	5а
8	2	8	86	—	0,63	2+2	10	2	150	5а

Тип	P Ватт	Io	D	l	Z	рабочая Z	N	d	q
4EOKA-80C-2	1100	8,2	69	100	24	16	27	0,85	4+4
4EOKA-80B-2	750	6	69	85	24	16	34	0,71	4+4
4EOKA-80C-2	1100	8,5	69	110	24	16	25	0,85	4+4
4EOK-71A-4	180	2,5	70	40	36	24	61	0,53	3+3
4EOK-71B-4	250	3	70	55	36	24	50	0,6	3+3
4EOK-71C-4	370	4,2	70	75	36	24	36	0,71	3+3
4EOK-80B-4	550	5,7	78	75	36	24	34	0,85	3+3
4EOK-80C-4	750	7,1	78	100	36	24	26	0,67	3+3
4EOKA-80B-4	550	5,4	78	85	36	24	33	0,85	3+3
4EOKA-80C-4	750	7,2	78	115	36	24	24	0,71	3+3
4EOKA-71B-6	180	2,5	76	65	36	24	67	0,56	2+2
4EOKA-71C-6	250	3	76	85	36	24	54	0,63	2+2
4EOKA-71B-6	370	4,3	86	85	36	24	46	0,75	2+2
4EOKA-71C-6	550	6	86	115	36	24	32	0,63	2+2

		пусковая								
У	КГ	Z	Nосн.	Nобр.	d	q	У	КГ	Сп	Рис.
8	2	8	76	—	0,71	2+2	10	2	150	5а
8	2	8	80	—	0,67	2+2	10	2	150	5а
8	2	8	68	—	0,71	2+2	10	2	150	5а
6	4	12	120	—	0,37	1+2	7 и 8	4	60	9а
6	4	12	89	—	0,4	1+2	7 и 8	4	60	9а
6	4	12	72	—	0,5	1+2	7 и 8	4	100	9а
6	4	12	74	—	0,56	1+2	7 и 6	4	100	9а
6	4	12	56	—	0,67	1+2	7 и 8	4	150	9а
6	4	12	60	—	0,63	1+2	7 и 8	4	150	9а
6	4	12	56	—	0,63	1+2	7 и 8	4	150	9а
4	6	12	103	—	0,45	1+1	5	6	60	—
4	6	12	92	—	0,47	1+1	5	6	100	—
4	6	12	88	—	0,53	1+1	5	6	100	—
4	6	12	70	—	0,6	1+1	5	5	100	—

7. ПОЯСНЕНИЕ К ДАННЫМ ОДНОФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

P — мощность электродвигателя в Ваттах;
I_o — номинальная сила тока в Амперах;
D — диаметр расточки статора в мм;
l — длина активной части статора;
Z — число пазов (зубцов) статора;
d — диаметр обмоточного провода в мм;
N — число эффективных проводников в пазу статора означает: одна цифра — однослойная обмотка, а с цифрой через знак умножения — число элементарных проводников, две цифры через плюс — двухслойная

$N_{осн.}$, $N_{обр.}$ — число проводников в пазу пусковой обмотки основных и дополнительных (бифиляр);
q — число пазов на полюс и фазу означает: одна цифра — целое число, две цифры через плюс — «развалка»;
У — расчетный шаг обмотки означает: одна цифра — равносекционная обмотка, две и более цифры — концентрическая;
КГ — число катушечных групп в обмотках;
C — емкость в микрофарадах.

8. Конденсаторы

Кондесаторы применяются в самых различных областях электротехники, в том числе в технике сильных токов для повышения коэффициента мощности. Как указывалось выше, без конденсаторов нельзя обойтись для пуска и работы однофазных электродвигателей, которые называются конденсаторными. Конденсаторные электродвигатели развивают большую полезную мощность, а как асинхронные короткозамкнутые они очень просты по устройству и надежны в работе, а также питание их осуществляется от однофазной двухпроводной сети (освещения). Ценным свойством их является высокий коэффициент мощности (cosφ), практически иногда достигающий единицы.

В этом случае электродвигатели потребляют ток из сети, пропорциональный только активной мощности, так как источником реактивной мощности для них являются сами конденсаторы.

Пусковая и рабочая емкость, при определенном напряжении сети и принятой схемой включения, зависит от мощности электродвигателя.

Конденсаторные однофазные электродвигатели будут иметь хорошие характеристики в том случае, если емкость конденсаторов будет оптимальной величиной, т.е. соответствует номинальной мощности электродвигателя. Из формулы 12 видно, что рабочая емкость прямо пропорциональна мощности и обратно пропорциональна напряжению электродвигателя. В свою очередь, определенной мощности соответствует номинальная сила тока электродвигателя.

Емкость и сопротивление конденсатора находятся в обратной зависимости.

Чем меньше емкость, тем больше сопротивление и наоборот.

Изменение емкости сопровождается изменением тока, следовательно, может быть, что ток конденсаторной фазы может оказаться меньше или больше номинального тока электродвигателя. Поэтому в первом случае мощность электродвигателя не используется, во втором будет перегрев обмотки и повышение напряжения на отдельных участках конденсаторной фазы или на конденсаторах.

При этом может возникнуть явление резонанса напряжений, при котором ток конденсаторной фазы во много раз превысит номинальное значение, что может привести к пробою изоляции обмотки или конденсатора. Учитывая это при выборе конденсатора, номинальное напряжение его должно быть выше напряжения сети питающего электродвигатель. Как при недостаточной емкости, так и ее избытке, показатели электродвигателя ухудшаются, и пусковой момент уменьшается. С увеличением мощности электродигателя потребность в емкости возрастает, поэтому, начиная с мощности 1 (максимум 1,7 кВт), применение конденсаторных электродвигателей не выгодно, так как стоимость пусковых и рабочих конденсаторов выше, чем стоимость электродвигателя.

В разделе 5 указан подбор конденсаторов для пуска и работы однофазных электродвигателей, переделанных из трехфазных, с обмоткой, занимающей в рабочей 2/3 и пусковой 1/3 пазов статора или выпускаемых заводами с рабочей и пусковой обмоткой различных типов, напряжением равное сети 220 В.

При использовании же трехфазных электродигателей в однофазной сети схема включения обмотки должна соответствовать напряжению сети или близка к нему, при этом требуется значительно большая емкость по сравнению с электродигателями, имеющими основную и дополнительную обмотки.

Если трехфазный электродигатель изготовлен с обмоткой на напряжение 127/220 в (в настоящее время встречающихся редко), то обмотка его соединяется звездой (рис. 18), тогда рабочая обмотка занимает 2 фазы со 120-градусной фазной зоной, и расчет рабочей емкости производится по формуле 12, 12а. Эта схема является более экономичной и эффективной, приближается к электродивигателям с пусковой и рабочей обмотками.

Если же трехфазный электродвигатель имеет напряжение 220/380 В (более распространенное), то обмотка его соединяется в треугольник (рис. 18), при этом рабочая обмотка охватывает одну фазу.

Для работы такого электродигателя в однофазной сети 220 В требуется емкость приблизительно в 2 раза больше, поэтому результат, полученный по формулам 12, 12а, необходимо увеличить. Это говорит о том, что использование в однофазной сети 220 В трехфазных электро-

двигателей с напряжением обмотки 220/380 В обходится дороже, чем однофазных электродвигателей с основной и вспомогательной обмотками или с напряжением трехфазного электродвигателя 127/220 В. По схеме 8 звезда или треугольник полной симметрии напряжений и токов конденсаторного электродвигателя добиться невозможно, но все же позволяет их использовать в однофазной сети.

Конденсаторы изготовляются на определенное рабочее (номинальное) напряжение, при котором они могут включены длительно. На каждом конденсаторе указаны тип, напряжение и емкость, что является основным критерием при эксплуатации.

Электрические свойства конденсаторов в значительной степени зависят от рода диэлектрика, заключенного между обкладками, поэтому их подразделяют по признаку: воздушные, бумажные, слюдяные, масляные, электротехнические и т.д.

Некоторые типы конденсаторов приведены ниже.

1. Конденсаторы типа КБГ-МН (конденсатор бумажный герметический в металлическом прямоугольном корпусе). Предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов при температуре от —60° до +70°С, выполняются постоянной емкости, по классу точности I, II, III, выдерживают утроенное рабочее напряжение в течение 4 ч.

рабочее напряжение	емкость	размер
400в	1 мкф	49x29x60 мм
400	2	49x34x80
400	4	69x39x95
400	6	69x39x110
400	8	69x64x110
400	8	69x64x110
600	1	49x34x60
600	2	49x34x110
600	4	69x39x100
600	6	69x64x110
600	1	49x34x80

1000	2	69x39x95
1000	4	69x64x110
1500	1	49x34x110
1500	2	69x64x100

2. Конденсаторы типа БГТ (бумажный герметический термостойкий).

Предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов при температуре от —60 до +100°С, выполняются постоянной емкости, по классу точности I, II, III.

Рабочее напряжение	емкость	размер
400 В	1 мкф.	45x30x54
400	2	45x60x54
400	4	65x35x115
400	8	65x70x115
600	1	45x45x54
600	2	65x30x115
600	4	65x50x115
600	6	65x70x115
1000	1	45x80x54
1000	2	65x45x115
1000	4	65x80x115

При использовании конденсаторов КБГ-МН и БГТ только в цепях переменного тока величина допустимого напряжения изменяется: при 400 В допускается 250 В, при 600 В допускается 300 В, при 1000 В допускается 400 В и при 1500 В допускается 400 В и при 1500 В допускается 500 В.

3. Конденсаторы типа МБГЧ (из металлизированной бумаги герметизированные частотные).

Предназначены для работы в цепях переменного и пульсирующего токов при температуре от —60 до +70°С, выпускаются постоянной емкости в корпусах прямоугольной формы, по классу точности I, II.

Рабочее напряжение	емкость	размер
250 В	1 мкф	31х31х25
250	2	46х16х50
250	4	46х31х550
250	10	46х61х50
500	1	46х31х50
500	2	46х51х50
500	4	69х34х115
750	1	46х56х50
750	2	69х39х115

4. Конденсаторы типа ЭП (электротехнический пусковой)

Предназначены для работы в цепях переменного тока при температуре от —40 до 60°С, выполняются постоянной емкостью, по классу точности III на номинальное напряжение 175 и 300 В, допускают в 1 час до 30 включений, продолжительностью включения до 3 с.

При напряжении 175 В номинальная емкость составляет 5,10,15,20,30,50,70 и 100 микрофарад, а при напряжении 300 В — 1,5,3,5,8,10,15,20,30 микрофарад.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабенко А. А., Тепленко С. И., Чибишев Л. В. В помощь электрику-обмотчику асинхронных двигателей. М., Энергоиздат, 1965.

2. Виноградов Г. В., Горяинов Ф. А., Сергеев Н. С., Проектирование электрических машин. М., Энергоиздат, 1956.

3. Кокарев А. С., Наумов И. Н. Справочник молодого обмотчика электрических машин. 2-е издание исправленное и дополненное. Высшая школа, М., 1964.

4. Дончев Г.Б., Стамболиев Г.Г. Справочник по експлоатации и ремонт на электрически двигатели. Държавно издательство «Техника», София, 1981.

5. Торопцев Н.Д. Трехфазный асинхронный двигатель в схеме однофазного включения с конденсатором

Технический редактор Р. И. Глова.
Формат бумаги 84×108 1/32. Объем 2 печ. л.
Тираж 5000. Заказ № 447. Цена 3 руб.
Отпечатано с готовых фотоформ в типографии издательства «Советская Кубань». 350680, ГСП, г. Краснодар, ул. им. Шаумяна, 106